

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-76682
(P2000-76682A)

(43)公開日 平成12年3月14日(2000.3.14)

(51)Int.Cl.⁷
G 1 1 B 7/125

識別記号

F I
G 1 1 B 7/125

デマコト*(参考)
A 5 D 1 1 9

審査請求 未請求 請求項の数22 FD (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平10-262332
(22)出願日 平成10年9月1日(1998.9.1)

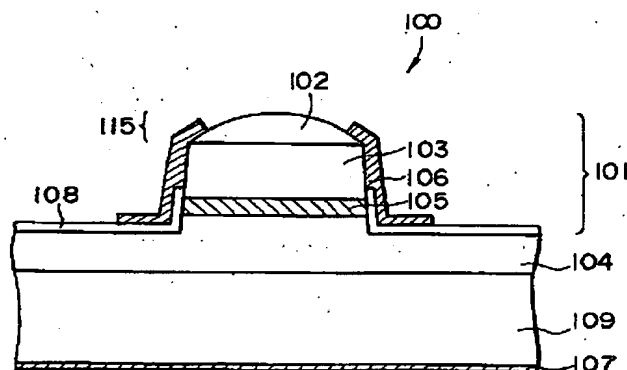
(71)出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(72)発明者 近藤 貴幸
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(74)代理人 100090479
弁理士 井上 一 (外2名)
Fターム(参考) 5D119 AA43 CA10 FA05 FA18 FA21
FA30 JB03 NA04

(54)【発明の名称】 面発光型半導体レーザおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 レーザ出力を増したとしても、レーザ光の放射角を小さく設定することを可能とする面発光型半導体レーザを提供する。

【解決手段】 本発明の面発光型半導体レーザは、半導体基板上に垂直方向の共振器を有し、共振器より半導体基板に垂直な方向にレーザ光を出射する面発光型半導体レーザであって、少なくとも共振器の一部を含む柱状の半導体堆積体(柱状部)101が含まれる。その柱状部101のコンタクト層102は、凸レンズ面を有するレンズ形状部115を構成する。



BEST AVAILABLE COPY

(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に垂直方向の共振器を有し、前記共振器より前記半導体基板に垂直な方向にレーザ光を出射する面発光型半導体レーザであって、少なくとも前記共振器の一部を含む柱状の半導体堆積体が含まれ、前記半導体堆積体の上面のレーザ出射面が凸レンズ面を構成する面発光型半導体レーザ。

【請求項2】 請求項1において、前記凸レンズ面を有するレンズ形状部は、前記半導体堆積体を構成するコンタクト層を含む面発光型半導体レーザ。

【請求項3】 請求項2において、前記レンズ形状部は、前記半導体堆積体を構成するコンタクト層の単体からなる面発光型半導体レーザ。

【請求項4】 請求項2において、前記レンズ形状部は、前記コンタクト層と、該コンタクト層上に形成されたレンズ層からなる面発光型半導体レーザ。

【請求項5】 請求項4において、前記レンズ層は、レーザ光のエネルギーに相当するバンドギャップより大きなバンドギャップを有する半導体層から構成され、前記コンタクト層は、前記レンズ層よりバンドギャップが小さい半導体層から構成される面発光型半導体レーザ。

【請求項6】 請求項4において、前記レンズ層は、屈折率の異なる複数の層からなり、該レンズ層の屈折率が多段的に変化する面発光型半導体レーザ。

【請求項7】 請求項6において、前記レンズ層は、第1のレンズ層と、該第1のレンズ層より屈折率の大きい第2のレンズ層を含み、前記第2のレンズ層は前記第1のレンズ層より上位に位置する面発光型半導体レーザ。

【請求項8】 請求項4において、前記レンズ層は、屈折率が連続的に変化している層である面発光型半導体レーザ。

【請求項9】 請求項1～請求項8のいずれかにおいて、前記柱状の半導体堆積体は、メサ状である面発光型半導体レーザ。

【請求項10】 請求項1～請求項8のいずれかにおいて、前記柱状の半導体堆積体は、その側面がなだらな曲面状をなす面発光型半導体レーザ。

【請求項11】 以下の工程(a)～(d)を含む面発光型半導体レーザの製造方法。

(a) 半導体基板上に、複数の半導体層を堆積して半導体堆積体を形成する工程、(b) 前記半導体堆積体上に

所定パターンの第1のレジスト層を形成する工程、

(c) 前記第1のレジスト層を加熱してリフローさせて、該レジスト層を凸レンズ状の形状に成形して第2のレジスト層を形成する工程、および(d) エッチングによって少なくとも前記第2のレジスト層を除去して、前記半導体堆積体の上部に前記第2のレジスト層の形状が反映されたレンズ形状部を形成する工程。

【請求項12】 請求項11において、レンズ形状部は、前記半導体堆積体を構成するコンタクト層を含む面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項13】 請求項11において、前記レンズ形状部は、前記半導体堆積体を構成するコンタクト層の単体からなる面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項14】 請求項11において、前記レンズ形状部は、前記コンタクト層と、該コンタクト層上に形成されたレンズ層からなる面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項15】 請求項14において、前記レンズ層は、レーザ光のエネルギーに相当するバンドギャップより大きなバンドギャップを有する半導体層から構成され、前記コンタクト層は、前記レンズ層よりバンドギャップが小さい半導体層から構成される面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項16】 請求項14において、前記レンズ層は、屈折率の異なる複数の層からなり、該レンズ層の屈折率が多段的に変化する面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項17】 請求項16において、前記レンズ層は、第1のレンズ層と、該第1のレンズ層より屈折率の大きい第2のレンズ層を含み、前記第2のレンズ層は前記第1のレンズ層より上位に位置する面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項18】 請求項14において、前記レンズ層は、屈折率が連続的に変化している層である面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項19】 請求項11において、前記工程(d)において、前記エッチングにおけるレジスト層に対する前記半導体堆積体のエッチング選択比は、0.5～1.0である面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項20】 請求項11において、前記工程(d)において、前記エッチングは、塩素系ガスに酸素を付加した反応性イオンビームエッチング方法によりなされる面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項21】 請求項11において、前記工程(c)の後に、前記第2のレジスト層をマスクとして前記半導体堆積体の一部をエッチングして、メサ状の柱状の半導体堆積体を形成する面発光型半導体レー

(3)

3

ザの製造方法。

【請求項2.2】 請求項1.1において、前記工程(d)において、前記第2のレジスト層をマスクとして前記柱状の半導体堆積体と前記レンズ形状部とを形成する面発光型半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体基板に対して垂直にレーザ光を出射する面発光型半導体レーザおよびその製造方法に関する。

【0002】

【背景技術】近年、末端系の光通信用ファイバーとして、プラスチック光ファイバーが注目されている。プラスチック光ファイバーは、従来の石英ファイバーに比べコア径が非常に大きく接続が簡単なため、低コストで設置でき、しかも強度に優れながら柔軟性に富むため、取り扱いが簡単という特徴を備えている。

【0003】プラスチック光ファイバーに適用される光源としては、面発光レーザが挙げられる。面発光レーザは、レーザ出射角が、端面レーザに比べ、等方的でかつ小さいという優れた特徴を有している。このように、レーザ放射角の小さい面発光レーザをコア径の大きいプラスチック光ファイバーに適用することにより、光ファイバーと光源との間にレンズを介さずに直接にレーザ光を光ファイバーに的確かつ効率的に入射することができる。これにより、きわめて簡単な構成からなる光通信モジュールを実現することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、プラスチック光ファイバーには、伝達損失が大きいという欠点があるため、伝送距離を長くするには、大きな光出力の光源が必要になる。面発光レーザのレーザ出力を増すには、レーザ出射口径を大きくすることが有効である。しかし、レーザ出射口径を大きくすると放射角が大きくなるという問題が生じる。光送信モジュールの構成の簡略化のため、直接結合、すなわち、光ファイバーと光源との間にレンズを介さずに、直接にレーザ光を光ファイバーに入射を行った場合において、放射角の増大は、結合効率、すなわち、ファイバーコア内に入射するレーザ光の光量の低下および取り付けマージンの減少などを招く結果となる。そのため、伝送距離の長さを確保することと、直接結合による光送信モジュールの構成の簡略化の両立が難しいという問題があった。

【0005】本発明の目的は、上記の両立が図られるようにするもので、具体的には、レーザ出力を増したとしても、レーザ光の放射角を小さく設定することを可能とする面発光型半導体レーザおよびその製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の面発光型半導体

4

レーザは、半導体基板上に垂直方向の共振器を有し、前記共振器より前記半導体基板に垂直な方向にレーザ光を出射する面発光型半導体レーザであって、少なくとも前記共振器の一部を含む柱状の半導体堆積体が含まれ、前記半導体堆積体の上面のレーザ出射面が凸レンズ面を構成する。

【0007】このように、柱状の半導体堆積体（以下「柱状部」という）の上面のレーザ出射面が凸レンズ面を構成しているため、レーザ出射面において、レーザビームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、これによれば、レーザ出射面において放射角を制御できるため、レーザ出力を増すためにレーザ出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することも可能となる。

【0008】前記凸レンズ面を有するレンズ形状部は、前記半導体堆積体を構成するコンタクト層を含んでいることが望ましい。

【0009】コンタクト層を含むレンズ形状部は、以下に記載の構成をとることができる。

【0010】(1)第1に、前記レンズ形状部は、前記半導体堆積体を構成するコンタクト層の単体からなる。

【0011】このように、レンズ形状部がコンタクト層の単体からなることにより、レンズ形状部のための別の半導体を積層させる必要がなく、工程数を最小限に抑えることができる。

【0012】(2)第2に、前記レンズ形状部は、前記コンタクト層と、該コンタクト層上に形成されたレンズ層からなる。

【0013】このように、コンタクト層上に、レンズ層を設けたことにより、コンタクト層の薄膜化を図ることができる。

【0014】また、この場合、前記レンズ層は、レーザ光のエネルギーに相当するバンドギャップより大きなバンドギャップを有する半導体層から構成され、前記コンタクト層は、前記レンズ層よりバンドギャップが小さい半導体層から構成されることが望ましい。

【0015】このように、コンタクト層のバンドギャップが小さいことにより、上部電極とコンタクト層との良好なオーミック接触が達成される。また、前記レンズ層が設けられていることにより、前記コンタクト層を薄膜化することができ、コンタクト層による光吸収損失を最小限に抑えることができる。これにより、オーミック接触の向上と光吸収損失の防止との両立を図ることができる。

【0016】前記レンズ層は、以下に記載の構成をとることが望ましい。

【0017】①第1に、前記レンズ層は、屈折率の異なる複数の層からなり、該レンズ層の屈折率が多段的に変化している。

【0018】このように屈折率が多段的に変化している

(4)

5

と、レンズ層が球面状である場合において、効果的に球面収差の補正をすることができる。

【0019】また、前記レンズ層がこの構成からなる場合には、前記レンズ層は、第1のレンズ層と、該第1のレンズ層より屈折率の大きい第2のレンズ層を含み、前記第2のレンズ層は前記第1のレンズ層より上位に位置することがさらに望ましい。

【0020】このような構成をとることで、第1のレンズ層が焦点距離を短くし、かつ、第2のレンズ層が焦点距離を長くすることにより、確実に球面収差の補正をすることができる。

【0021】②第2に、前記レンズ層は、屈折率が連続的に変化する層である。

【0022】球面収差は、連続的に存在するため、レンズ層を、屈折率が連続的に変化した層とすることにより、球面収差をさらに確実に補正することができる。

【0023】前記柱状部は、メサ状であることが望ましい。これにより、上部電極から下部電極に流れる電流の流域を画定することができる。

【0024】また、前記柱状部は、その側面がなだらかな曲面状であってもよい。柱状部の側面がなだらかなことにより、膜厚の均一な上部電極を形成することができ、これにより、カバレッジが向上し、断線が生じ難くなる。

【0025】また、本発明にかかる面発光型半導体レーザは、以下の工程(a)～(d)を含む製造方法により、形成することができる。

【0026】(a)半導基板上に、複数の半導体層を堆積して半導体堆積体を形成する工程、(b)前記半導体堆積体上に所定パターンの第1のレジスト層を形成する工程、(c)前記第1のレジスト層を加熱してリフローさせて、該レジスト層を凸レンズ状の形状に成形して第2のレジスト層を形成する工程、および(d)エッチングによって少なくとも前記第2のレジスト層を除去して、前記半導体堆積体の上部に前記第2のレジスト層の形状が反映されたレンズ形状部を形成する工程。

【0027】この製造方法によれば、柱状部とレンズ形状部とをセルフアラインで形成できるため、光軸合わせが不要で、光軸ずれも生じない。

【0028】前記工程(d)におけるレンズ形状部の構成は、上述した構成のものを適用することができる。

【0029】前記工程(d)のエッチングにおけるレジスト層に対する半導体堆積体のエッチング選択比(以下、「選択比」という)は、0.5～1.0であることが望ましい。選択比を0.5～1.0のように小さくすることで、前記半導体堆積体の上部に前記第2のレジスト層の形状を反映しながら所望の曲率のレンズ形状部を形成することができる。

【0030】また、前記工程(d)のエッチングは、塩素系ガスに酸素を付加した反応性イオンビームエッチン

6

グ方法によりなされることが望ましい。これにより、酸素の量を調整することにより、選択比を制御することができる。その結果、容易にレンズ形状を制御することができる。

【0031】さらに、本発明の製造方法は、前記工程(c)の後に、前記第2のレジスト層をマスクとして、前記半導体堆積体の一部をエッチングして、メサ状の柱状の半導体堆積体を形成する工程(e)を有することが望ましい。

【0032】この方法によれば、柱状部とレンズ形状部との形成を同一マスクを使用し、かつ、柱状部を形成する際のエッチングからレンズ形状部を形成する際のエッチングへの移行を、エッチングガスを切り替えることのみで済むため、上記の工程を容易に進めることができる。

【0033】また、前記工程(e)を含まない場合には、柱状部とレンズ形状部が同一の工程で形成され、かつ、前記半導体堆積体の側面の勾配がなだらかなになる。これにより、カバレッジが向上した膜厚の均一な上部電極を形成することができ、上部電極の断線が生じ難くなる。

【0034】前記工程(b)で、前記第1のレジスト層の形成に用いられるレジスト材料は、特に限定されないが、比較的に耐熱性の低いフォトリソレジストなどが好ましい。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0036】(第1の実施の形態).....

(デバイスの構造)図1は、本発明の第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザ(以下、「面発光レーザ」という)を模式的に示す断面図である。

【0037】図1に示す面発光レーザ100は、n型GaAs基板109上に、Al_{0.15}Ga_{0.85}AsとAlAsとを交互に積層した25ペアの分布反射型多層膜ミラー(以下、「下部DBRミラー」という)104、厚さ3nmのGaAsウエル層と厚さ3nmのAl_{0.3}Ga_{0.7}Asバリア層から成り該ウエル層が3層で構成される量子井戸活性層105、Al_{0.15}Ga_{0.85}AsとAl_{0.9}Ga_{0.1}Asとを交互に積層した30ペアの分布反射型多層膜ミラー(以下、「上部DBRミラー」という)103およびコンタクト層102が順次積層されて形成されている。

【0038】上部DBRミラー103は、Znがドーピングされることにより、p型にされ、下部DBRミラー104は、Seがドーピングされることにより、n型とされている。したがって、上部DBRミラー103、不純物がドーピングされていない量子井戸活性層105および下部DBRミラー104とで、pinダイオードが形成される。

(5)

7

【0039】コンタクト層102は、後述する上部電極106とオーミック接触可能な材質であることが必要で、AlGaAs系材料の場合、たとえば、 10^{19}cm^{-3} 以上の高濃度の不純物がドーピングされた $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ からなる。

【0040】コンタクト層102、上部DBRミラー103、量子井戸活性層105および下部DBRミラー104の途中まで、所定の領域を除き、メサ状にエッチングすることにより、柱状部101が形成されている。柱状部101の上面、具体的には、コンタクト層102の上面は、凸レンズ形状となっている。以下、上部DBRミラー103上に設けられた凸レンズ形状部を単にレンズ形状部115という。

【0041】さらに、絶縁層108は、柱状部101の側面の一部分および下部DBRミラー104の上面を覆うようにして形成されている。

【0042】そして、上部電極106は、柱状部101の上面において、コンタクト層102とリング状に接触し、露出した柱状部101の側面、および絶縁層108の表面の一部を覆うようにして形成されている。また、n型GaAs基板109の下には、下部電極107が形成されている。

【0043】上部電極106と下部電極107とで、p-i-nダイオードに順方向の電圧を印加すると、量子井戸活性層105において、電子と正孔との再結合が起こり、再結合発光が生じる。そこで生じた光が上部DBRミラー103と下部DBRミラー104との間を往復する際、誘導放光が起こり、光の強度が増幅される。光利得が光損失を上まわると、レーザ発振が起こり、上部電極106の開口部から基板に対して垂直方向にレーザ光が射出される。

【0044】本実施の形態において特徴的なことは、図1に示すように、柱状部101の上面、すなわち、レーザ出射面が凸レンズ形状に形成されていることである。これにより、レーザ出射面において、レーザビームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、これによれば、レーザ出射面において放射角を制御できるため、レーザ出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することも可能となる。

【0045】(デバイスの製造プロセス) 次に、図1に示す面発光レーザ100の製造プロセスについて説明する。図2～図6は、面発光レーザ100の製造工程を示した模式図である。

【0046】(a) まず、図2を参照しながら説明する。n型GaAs基板109上に、 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ とAlAsとを交互に積層し、Seをドーピングした25ペアの下部DBRミラー104を形成する。次に、下部DBRミラー104上に、厚さ3nmのGaAsウエル層と、厚さ3nmの $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ バリア層から成り、該ウエル層が3層で構成される量子井戸活性層

8

105を形成する。さらに、量子井戸活性層105上に、 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ と $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ とを交互に積層し、Znをドーピングした30ペアの上部DBRミラー103を形成する。その後、上部DBRミラー103上に、 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ からなるコンタクト層102を積層する。

【0047】上記の各層は、有機金属気相成長(MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy)法でエピタキシャル成長させることができる。このとき、例えば、成長温度は、750℃、成長圧力は、 $2 \times 10^4\text{Pa}$ で、III族原料にTMGa(トリメチルガリウム)、TMAI(トリメチルアルミニウム)の有機金属を用い、V族原料に AsH_3 、n型ドーパントに H_2Se 、p型ドーパントにDEZn(ジメチル亜鉛)を用いることができる。

【0048】次に、コンタクト層102上に、フォトリジストを塗布した後、フォトリソグラフィにより、フォトリジストをパターンニングすることにより、図2に示すように、所定のパターンの第1のレジスト層R1を形成する。

【0049】(b) 次いで、第1のレジスト層R1を加熱、リフロー、すなわち、溶融したレジストを流動させて再形成する。これにより、第1のレジスト層R1は、表面張力の影響を受けて、図3に示すような凸レンズ状に変形し、第2のレジスト層R2が形成される。加熱方法としては、例えば、ホットプレートまたは温風循環式オープンなどを用いて行うことができる。ホットプレートを使用した場合の条件は、レジストの材質により変わるが、150℃以上で、2～10分、好ましくは5分である。また、温風循環式オープンの場合は、160℃以上で、20～30分が適当である。

【0050】(c) 次いで、図4に示すように、第2のレジスト層R2をマスクとして、反応性イオンエッチング法により、コンタクト層102、上部DBRミラー103、量子井戸活性層105および下部DBRミラー104の途中まで、かつ、第2のレジスト層R2のレンズ形状をとどめつつ、メサ状にエッチングし、柱状部101を形成する。このエッチングには、通常、エッチングガスとして塩素または塩素系ガス(塩化水素、BCl₃)を用いた、反応性イオンビームエッチング法が使われる。このエッチングの選択比は、2.0以上であることが好ましい。この際、選択比に影響を与えない範囲において、プラズマ状態を安定化するために、Arを付加してもよい。

【0051】(d) その後、選択比が0.5～1.0であるドライエッチング法により、第2のレジスト層R2と下部DBRミラー104をエッチングし、コンタクト層102の上面を凸レンズ形状にする。このエッチングにおいて、図5で想像線で示すように、エッチング工程を行う前の第2のレジスト層R2のレンズ形状を反映さ

50

(6)

9

せながら、コンタクト層102にその凸レンズ状の形状を転写する。ドライエッチング法としては、酸素の量で選択比の調節が可能である、塩素系ガスに酸素を添加した反応性イオンビームエッチング法が好ましい。また、Arガスをを用いたイオンビームエッチング法も適用可能である。

【0052】(e) 次いで、 SiH_4 (モノシラン) ガスと O_2 (酸素) ガスをを用い、 N_2 (窒素) ガスをキャリアガスとする常圧熱CVD法により、基板上に、例えば、膜厚100~300nmのシリコン酸化膜(SiO_2 膜)を形成する。その後、フォトリソグラフィとドライエッチングにより、図1に示すように、柱状部101の側面の一部および下部DBRミラー104の一部を除き、シリコン酸化膜をエッチング除去して、絶縁層108を形成する。

【0053】次いで、真空蒸着法により、下部DBRミラー104上に、Au-Zn合金層を形成し、フォトリソグラフィ法を用い、図1に示すように、柱状部101の上面が露出するように、該合金層をエッチング除去して、上部電極106を形成する。

【0054】続いて、基板109の下面に、真空蒸着法により、Au-Ge合金層からなる下部電極107が形成され、図1に示すような面発光レーザが完成する。

【0055】このように、柱状部101とレンズ形状部115とをセルフアラインで形成するため、光軸合わせが不要で、光軸ずれも生じない。また、柱状部101とレンズ形状部115との形成を同一マスクを使用し、かつ、柱状部101を形成する際のエッチングからレンズ形状部115を形成する際のエッチングへの移行を、エッチングガスを切り替えることのみで済むため、上記の工程を円滑に進めることができる。

【0056】本実施の形態におけるAlGaAs系の面発光レーザは、コンタクト層の組成を考慮して、レーザ光の該コンタクト層でのバンド間吸収が生じない、レーザ発振波長780nm以上において、好ましく適用できる。

【0057】(第2の実施の形態)

(デバイスの構造) 図7は、本発明の第2の実施の形態にかかる面発光レーザ200を模式的に示す断面図である。

【0058】本実施の形態に係る面発光レーザ200は、柱状部101におけるレンズ形状部115の半導体層の層構造の点で第1の実施の形態と異なる。これ以外の構成については、第1の実施の形態と同様であるので、詳細な説明を省略する。本実施の形態において、第1の実施の形態に係る面発光レーザ100と実質的に同様の機能を有する部分には同一の符号を付する。

【0059】レンズ形状部115の層構造は、コンタクト層102の上に、さらに、レンズ層110が形成された構成をとっている。また、レンズ形状部115の上面

10

は、レンズ層110の上面と、コンタクト層102の上面の一部とから構成され、詳しくは、同心円状に、中心から、レンズ層110の上面、次いで、その回りにおいてリング状に露出するコンタクト層102の上面の一部の順で構成されている。コンタクト層102は、コンタクト層102と上部電極106とのオーミック接触を確保することを目的として、バンドギャップが小さい半導体、たとえば、高濃度の不純物がドーピングされたGaAsからなる。一方、レーザ発振波長によっては、バンドギャップが小さいコンタクト層102ではバンド間吸収によりレーザ光の吸収損失がおこる場合がある。このことを考慮して、コンタクト層102は、コンタクト層によるレーザ光の吸収損失を最小限に抑えることができる膜厚、たとえば膜厚500~1000nmまで薄膜化されている。

【0060】さらに、コンタクト層102を薄膜化したことにより、コンタクト層102のみでは、レンズ形状部115としての機能が確保されない。そこで、レンズ機能を確実に発現させることを目的として、コンタクト層102上にレンズ層110が設けられている。レンズ層110は、バンドギャップがレーザ光のエネルギーよりも大きな半導体であって、フリーキャリア散乱による光損失が生じ難い半導体、たとえば、低キャリア濃度あるいはノンドープのAl_{0.5}Ga_{0.5}Asなどからなる。

【0061】本実施の形態において特徴的なことは、コンタクト層102を薄膜化し、かつ、レンズ機能を確保するために、レンズ層110を設けたことである。コンタクト層102のバンドギャップがレーザ光のエネルギーに相当するバンドギャップよりも小さい場合、コンタクト層102によるレーザ光の吸収損失が生じる。しかし、本実施の形態では、上記した特徴のように、コンタクト層102によるレーザ光の吸収損失を最小限に抑えることができる膜厚まで、コンタクト層102を薄膜化している。このため、レーザ光のエネルギーよりも小さいバンドギャップを有する半導体をコンタクト層102に適用することが可能となる。その結果、オーミック接触を取り易くするため、レーザ光のエネルギーよりもコンタクト層102のバンドギャップを小さくすることができ、これにより、上部電極106とコンタクト層102との接触抵抗を低減することができる。

【0062】以上のように、本実施の形態によれば、凸レンズ形状を有するレンズ形状部115により、レーザ出射面において、レーザビームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、これによれば、レーザ出射面において放射角を制御できるため、レーザ出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することも可能となる。さらに、レーザ光のエネルギーよりもコンタクト層102のバンドギャップを小さくすることができ、これにより、上部電極106とコンタクト層102との接触抵抗を低減することができる。

(7)

11

【0063】(デバイスの製造プロセス) 本実施の形態における面発光レーザ200の製造方法としては、第1の実施の形態における(a)工程において、上部DBRミラー形成後に、膜厚500~1000nmのGaAsからなるコンタクト層を形成し、さらに、コンタクト層上に、膜厚2000~3000nmのAl_{0.5}Ga_{0.5}Asからなるレンズ層110を形成する。それ以外は、第1の実施の形態と同様の方法を用いることができる。

【0064】このように、柱状部101とレンズ形状部115とをセルフアラインで形成するため、光軸合わせが不要で、光軸ずれも生じない。また、柱状部101とレンズ形状部115との形成を同一マスクを使用し、かつ、柱状部101を形成する際のエッチングからレンズ形状部115を形成する際のエッチングへの移行を、エッチングガスを切り替えることのみで済むため、上記の工程を円滑に進めることができる。

【0065】本実施の形態におけるAlGaAs系の面発光レーザは、レーザ発振波長を問わず適用できるが、たとえば、レーザ発振波長800nm以下の場合において特に有効である。

【0066】(第3の実施の形態)

(デバイスの構造) 図8は、本発明の第3の実施の形態にかかる面発光レーザ300を模式的に示す断面図である。

【0067】本実施の形態に係る面発光レーザ300は、レンズ形状部115の半導体層の層構造の点で第1の実施の形態と異なる。これ以外の構成については、第1の実施の形態と同様であるので、詳細な説明を省略する。本実施の形態において、第1の実施の形態に係る面発光レーザと実質的に同様の機能を有する部分には同一の符号を付する。

【0068】レンズ形状部115のコンタクト層102の上には、レンズ層110が形成されている。レンズ層110は、低屈折率レンズ層111およびそれと比較して屈折率が大きい高屈折率レンズ層112が順次積層され形成されている。そして、レンズ形状部115の上面は、高屈折率レンズ層の上面112、その回りにおいてリング状に露出した低屈折率レンズ層111の上面の一部、さらにその回りにおいて上部電極と接触するためにリング状に露出したGaAsからなるコンタクト層102の上面の一部が、同心円状に、かつ、同一曲面をなすように構成されている。

【0069】高屈折率レンズ層112は、入射光の焦点距離を小さくする役割を有し、たとえば、Al_{0.2}Ga_{0.8}Asからなる。

【0070】低屈折率レンズ層111は、入射光の焦点距離を大きくする役割を有し、高屈折率レンズ層112よりも屈折率が小さい材質、たとえば、Al_{0.8}Ga_{0.2}Asからなる。

【0071】本実施の形態において特徴的なことは、レ

12

ンズ形状部115の上面が、高屈折率レンズ層112の上面、その回りにおいてリング状に露出した低屈折率レンズ層111の上面の一部を含んでなることである。

【0072】この構成によれば、柱状部101の上面が、単純曲面、すなわち球面的な凸レンズ形状であっても、複合曲面、すなわち非球面的な凸レンズ形状と同等の効果を発現することができる。すなわち、柱状部101の上面の凸レンズ形状が球面あるいは球面に近い形状の場合には、レンズは、球面収差、つまり、図9に示すように、光軸から径方向にいくにしたがって、レンズLに入射した光の焦点距離が小さくなるという現象が生じる。この球面収差の補正をするために、通常、レンズの光軸から径方向外側部分の曲面の曲率を小さくした非球面形状のレンズを用いる。

【0073】本実施の形態に係る柱状部101のレンズ形状部115の上面は、中央部に低屈折率レンズ層112の上面が形成され、その回りにリング状に露出し、それと比較して屈折率の小さい低屈折率レンズ層111の上面の一部が形成されてなっている。これにより、柱状部101の上面を非球面化することなく、球面収差を補正することができる。つまり、球面あるいは球面に近い形状を有するレンズ形状部115の場合、その中心から径方向にいくに従って、入射した光の焦点距離が小さくなることを、高屈折率レンズ層111の回りに、それと比較して屈折率の小さい低屈折率レンズ層112の露出面を設けたことにより、この部分に入射した光の焦点距離を大きくすることができる。これにより、球面収差の補正を容易にすることができる。

【0074】また、リフロー後の第2のレジスト層R2の形状を反映させながらレンズ形状部115を形成する際に微細な形状制御ができない場合であっても、これらレンズ層111、112の屈折率を制御することにより、所望のレンズ特性を得ることができる。

【0075】(デバイスの製造プロセス) 本実施の形態における面発光レーザ300の製造方法としては、第1の実施の形態における(a)工程において、上部DBRミラー103形成後に、膜厚500~1000nmのGaAsからなるコンタクト層102を形成し、次いで、コンタクト層102上に、低屈折率レンズ層111として、膜厚500~1500nmのAl_{0.8}Ga_{0.2}Asを形成し、さらに、高屈折率レンズ層112として、膜厚500~1500nmのAl_{0.2}Ga_{0.8}Asを形成したこと以外は、第1の実施の形態と同様である。

【0076】上記のようにコンタクト層102上に、低屈折率レンズ層111を設け、さらに、その上に高屈折率レンズ層112が設けられていることにより、工程上、以下の利点を有する。リフロー後の第2のレジスト層R2の形状を反映させながらレンズ形状部115を形成する際に微細な形状制御ができない場合であっても、これらレンズ層111、112の屈折率を制御すること

(8)

13

により、所望のレンズ特性を得ることができる。

【0077】このように、柱状部101とレンズ形状部115とをセルフアラインで形成するため、光軸合わせが不要で、光軸ずれも生じない。また、柱状部101とレンズ形状部115との形成を同一マスクを使用し、かつ、柱状部101を形成する際のエッチングからレンズ形状部115を形成する際のエッチングへの移行を、エッチングガスを切り替えることのみで済むため、上記の工程を円滑に進めることができる。

【0078】本発明のレンズ層は、二層構造に限定されるものではない。たとえば、結晶成長時に組成を連続的に変化させて得られた、レンズ層の屈折率が下層から順に変化して連続的に変化した単層であってもよい。

【0079】(第4の実施の形態)

(デバイスの構造) 図10は、本発明の第4の実施の形態にかかる面発光レーザ400を模式的に示す断面図である。

【0080】図10に示す面発光レーザ400は、n型GaAs基板109上に、下部DBRミラー104、量子井戸活性層105、厚さ3nmのGaAsウエル層と厚さ3nmのAl_{0.3}Ga_{0.7}Asバリア層から成り該ウエル層が3層で構成される量子井戸活性層105、Al_{0.15}Ga_{0.85}AsとAl_{0.9}Ga_{0.1}Asとを交互に積層した5ペアの分布反射型多層膜ミラー（以下「第1の上部DBRミラー」という）103a、電流狭窄層120、Al_{0.15}Ga_{0.85}AsとAl_{0.9}Ga_{0.1}Asとを交互に積層した20ペアの分布反射型多層膜ミラー（以下「第2の上部DBRミラー」という）103bおよびコンタクト層102が順次積層されて形成されている。コンタクト層102は、第1の実施の形態と同様の材質を適用できる。

【0081】第1の上部DBRミラー103aおよび第2の上部DBRミラー103bは、Znがドーピングされることにより、p型にされ、下部DBRミラー104は、Seがドーピングされることにより、n型とされている。したがって、第1の上部DBRミラー103a、不純物がドーピングされていない量子井戸活性層105および下部DBRミラー104とで、pinダイオードが形成される。

【0082】本実施の形態では、量子井戸活性層105は、柱状部101より下に設けられているため、上部電極106から注入された電流を、量子井戸活性層105の中心部に集中的に流れるように、電流の流域を画定する必要がある。この電流の流域を画定する手段として、電流狭窄層120が設けられている。電流狭窄層120は、中心部に設けられた半導体層120aおよびそれを取り囲むようにして形成された絶縁体層120bからなる。この半導体層120aは、たとえば、AlAsからなる。また、絶縁体層120bは、たとえば、上述の半導体層120aを酸化させて得られる酸化物からなる。

14

また、電流狭窄層120は、後において説明する酸化工程において、周囲の半導体の結晶に影響を与えない範囲において、第1の上部DBRミラー103aの下端と第2の上部DBRミラー103bの上端との中間より下に形成されることが望ましい。

【0083】コンタクト層102、第2の上部DBRミラー103b、電流狭窄層120および第1の上部DBRミラー103aの途中まで、所定の領域を除き、エッチングすることにより、柱状部101が形成されている。柱状部101は、なだらかに傾斜した側面を有している。また、柱状部101の上部、具体的には、コンタクト層102は、レンズ形状部115を形成し、その上面は、凸レンズ形状となっている。

【0084】そして、上部電極106は、柱状部101の上面において、コンタクト層102とリング状に接触し、かつ柱状部101の側面および第1の上部DBRミラー103aを覆うようにして形成されている。また、n型GaAs基板109の下には、下部電極107が形成されている。

【0085】次に面発光レーザ400の動作を説明する。

【0086】上部電極106と下部電極107とで、pinダイオードに順方向の電圧を印加すると、図10の矢印で示すように、第2の上部DBRミラー103bから順に電流狭窄層120の半導体層120a、第1の上部DBRミラー103aをとおり、量子井戸活性層105に電流が流れる。これにより、量子井戸活性層105において、電子と正孔との再結合が起こり、再結合発光が生じる。そこで生じた光が上部DBRミラー103a、103bと下部DBRミラー104との間を往復する際、誘導放出が起こり、光の強度が増幅される。光利得が光損失を上まわるとレーザ発振が起こり、上部電極106の開口部から基板に対して垂直方向にレーザ光が射出される。

【0087】本実施の形態において特徴的なことは、図10に示すように、柱状部101の側面の勾配がなだらかな形状をどっていることである。これにより、上部電極106を形成する際、均一な膜厚を有する上部電極106形成することができる。その結果、上部電極106の断線を生じ難くすることができる。

【0088】以上のように、本実施の形態によれば、レーザ出射面であるコンタクト層102の上面が凸レンズ形状を有しているため、レーザ出射面において、レーザビームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、これによれば、レーザ出射面において放射角を制御できるため、レーザ出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することも可能となる。

【0089】さらに、柱状部101の側面が勾配のなだらかな形状であるため、良好なステップカバレッジが達成され、上部電極106の断線を生じ難くすることがで

(9)

15

きる。

【0090】(デバイスの製造プロセス)次に、図10に示す面発光レーザ400の製造プロセスについて説明する。図11～図14は、面発光レーザ400の製造工程を示したものである。

【0091】(a)まず、図11を参照しながら説明する。n型GaAs基板109上に、 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ とAlAsとを交互に積層し、Seをドーピングした2.5ペアの下部DBRミラー104を形成する。次に、下部DBRミラー104上に、厚さ3nmのGaAsウエル層と、厚さ3nmの $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ バリア層から成り、該ウエル層が3層で構成される量子井戸活性層105を形成する。さらに、量子井戸活性層105上に、 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ と $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ とを交互に積層し、Znをドーピングした5ペアの第1の上部DBRミラー103aを形成する。次いで、第1の上部DBRミラー103a上に、電流狭窄層120を設けようとする位置にAlAsからなる半導体層120cを形成する。この半導体層120c上に、さらに $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ と $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ とを交互に積層し、Znをドーピングした20ペアの第2の上部DBRミラー103bを形成する。その後、 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ からなるコンタクト層102を積層する。

【0092】上記の各層は、MOVPE法でエピタキシャル成長させることができる。このとき、例えば、成長温度は、750℃、成長圧力は、 2×10^4 Paで、III族原料にTMGa(トリメチルガリウム)、TMA1

(トリメチルアルミニウム)の有機金属を用い、V族原料に AsH_3 、n型ドーパントに H_2Se 、p型ドーパントにDEZn(ジメチル亜鉛)を用いた。

【0093】次に、コンタクト層102上に、フォトリジストを塗布した後、フォトリジストをパターニングすることにより、図11に示すように、所定のパターンの第1のレジスト層R1を形成する。

【0094】(b)次いで、第1のレジスト層R1を加熱、リフロー、すなわち、溶融したレジストを流動させて再形成を行う。これにより、第1のレジスト層R1は、表面張力の影響を受けて、図12に示すような凸形状の第2のレジスト層R2に変形する。加熱方法としては、例えば、ホットプレートまたは温風循環式オープンなどを用いて行うことができる。ホットプレートを使用した場合の条件は、レジストの材質により変わるが、150℃以上で、2～10分、好ましくは5分である。また、温風循環式オープンの場合は、160℃以上で、20～30分が適当である。

【0095】(c)その後、図13に示すように、第2のレジスト層R2をマスクとして、選択比が0.5～1.0であるドライエッチング法により、コンタクト層102、第2の上部DBRミラー103b、半導体層120cおよび第1の上部DBRミラー103aの途中ま

16

でエッチングして、柱状部101を形成する。このエッチングにおいて、図12の想像線で示すように、エッチング工程を行う前の第2のレジスト層R2の凸形状を反映させながら、半導体の堆積層にその凸形状を転写する。ドライエッチング法としては、酸素の量で選択比の調節が可能である、塩素系ガスに酸素を添加した反応性イオンビームエッチング法が好ましい。また、Arガスを用いたイオンビームエッチング法も適用可能である。

【0096】(d)次いで、図14に示すように、AlAsからなる半導体層120cを、400℃程度の水蒸気雰囲気下に、1～30分さらすことにより、AlAsがその露出面から内側へと酸化されていき、絶縁体である酸化アルミニウムが形成される。これにより、中心部分のAlAsからなる半導体層120aの回りに酸化アルミニウムからなる絶縁層120bが形成され、電流狭窄層120が形成される。

【0097】(e)次いで、真空蒸着法により、柱状部101および第1の上部DBRミラー103a上に、Au-Zn合金層を形成し、フォトリソグラフィおよびドライエッチングを用い、図10に示すように、コンタクト層102の上面が露出するように、該合金層を除去して、上部電極106を形成する。

【0098】続いて、基板109の下面に、真空蒸着法により、Au-Ge合金層からなる下部電極107が形成され、図10に示すような面発光レーザ400が完成する。

【0099】上記の工程(d)のように、エッチングを行う前の第2のレジスト層R2の凸形状を反映させながら、半導体の堆積層にその凸形状を転写し、レンズ形状部115と柱状部101とを同時に形成することができる。そして、柱状部101の側面は、なだらかな形状となる。そのため、柱状部101の側面に均一な膜厚の上部電極を形成することができる。その結果、良好なカバレッジが達成され、上部電極106の断線を生じ難くすることができる。

【0100】また、柱状部101とレンズ形状部115とをセルフアラインで形成するため、光軸合わせが不要で、光軸ずれも生じない。

【0101】(第5の実施の形態)

(デバイスの構造)図15は、本発明の第5の実施の形態にかかる面発光レーザ500を模式的に示す断面図である。

【0102】本実施の形態に係る面発光レーザ500は、柱状部101の形状の点で第4の実施の形態と異なる。これ以外の構成については、第4の実施の形態と同様であるので、第4の実施の形態に係る面発光レーザ400と実質的に同様の機能を有する部分には同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

【0103】すなわち、柱状部101は、メサ状にエッチングされて形成されており、また、柱状部101の側

(10)

17

面は、第4の実施の形態に比べて、勾配が急峻になるように形成されている。さらに、柱状部101の上部、すなわちコンタクト層102は、レンズ形状部115を構成し、その上面は、凸レンズ形状になっている。

【0104】面発光レーザ500のレーザ発振の動作は、第4の実施の形態と同様である。

【0105】以上のように本実施の形態によれば、レーザ出射面であるコンタクト層102の上面が凸形状を有しているため、レーザ出射面において、レーザビームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、これによれば、レーザ出射面において放射角を制御できるため、レーザ出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することも可能となる。

【0106】(デバイスの製造プロセス) 次に、図15に示す面発光レーザ500の製造プロセスについて説明する。図16～図18は、面発光レーザ500の製造工程を示したものである。

【0107】本実施の形態に係る面発光レーザ500の製造方法は、第4の実施の形態における工程(a)から工程(b)まで、すなわち、第1のレジスト層R1をレンズ形状の第2のレジスト層R2にするまでは、第4の実施の形態と同様にして行うことができる。以下に、それ以後の工程を詳述する。

【0108】(c) 図16に示すように、第2のレジスト層R2をマスクとして、反応性イオンエッチング法により、コンタクト層102および第2の上部DBRミラー103bの途中まで、かつ、第2のレジスト層R2のレンズ形状をとどめつつ、メサ状にエッチングし、柱状部101を形成する。このエッチングには、通常、エッチングガスとして塩素または塩素系ガス(塩化水素、 BCl_3)を用いた、反応性イオンビームエッチング法が使われる。このエッチングの選択比は、2.0以上であることが好ましい。この際、選択比に影響を与えない範囲において、プラズマ状態を安定化するために、Arを付加してもよい。

【0109】(d) その後、選択比が0.5～1.0であるドライエッチング法により、第2のレジスト層R2と上部DBRミラー103aをエッチングし、図16に示すように、コンタクト層102の上面を凸レンズ形状にする。このエッチングにおいて、図5の想像線で示すように、エッチング工程を行う前の第2のレジスト層R2のレンズ形状を反映させながら、コンタクト層102にそのレンズ形状を転写する。この際、同時に、第2の上部DBRミラー103b、半導体層120cおよび第1の上部DBRミラー103aの途中までエッチングされる。ドライエッチング法としては、酸素の量で選択比の調節が可能である、塩素系ガスに酸素を添加した反応性イオンビームエッチング法が好ましい。また、Arガスを用いたイオンビームエッチング法も適用可能である。

18

【0110】(e) 次いで、AlAsからなる半導体層120cを、400℃程度の水蒸気雰囲気下に、1～30分さらすことにより、AlAsがその露出面から内側へと酸化されていき、絶縁体である酸化アルミニウムが形成される。これにより、中心部分のAlAsからなる半導体層120aの回りに酸化アルミニウムからなる絶縁層120bが形成され、電流狭窄層120が形成される。

【0111】次いで、真空蒸着法により、柱状部101および第1の上部DBRミラー103a上に、Au-Zn合金層を形成し、フォトリソグラフィおよびドライエッチングを用い、図15に示すように、コンタクト層102の上面が露出するように、該合金層を除去して、上部電極106を形成する。

【0112】続いて、基板109の下面に、真空蒸着法により、Au-Ge合金層からなる下部電極107が形成され、図15に示すような面発光レーザ500が完成する。

【0113】以下に、本実施の形態における製造方法の利点を詳述する。

【0114】上記の工程(c)のように、第2のレジスト層R2をマスクとして堆積層をメサ状にエッチングし、柱状部を形成する工程を含むことにより、エッチング後のコンタクト層102および電流狭窄層120の外径は、レジストの外径に依存するため、所望の外径を有するコンタクト層102および電流狭窄層120を精度よく形成することができる。

【0115】また、柱状部101とレンズ形状部115とをセルフアラインで形成するため、光軸合わせが不要で、光軸ずれも生じない。

【0116】また、コンタクト層102を精度よく形成することができるため、コンタクト層102と上部電極106との接触面積を所定の大きさとすることができる。

【0117】さらに、電流狭窄層120を精度よく形成することができるため、電流狭窄層120をAlAsの一部を酸化して形成する際、その酸化量を一定にすることで、電流狭窄層120の半導体層120aもまた、精度よく形成することができる。

【0118】上記の実施の形態において、AlGaAs系半導体からなる面発光型半導体レーザについて述べたが、その他の材料系、例えば、GaInP系、ZnSSe系、InGaN系等の半導体からなる面発光型半導体レーザについても適用できる。

【0119】また、柱状部101およびレンズ形状部115の上面の形状は、上記の実施の形態により限定されるものではない。

【0120】

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レー

(11)

19

ザを模式的に示す断面図である。

【図2】第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図3】第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図4】第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図5】第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図6】第1の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図7】第2の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザを模式的に示す断面図である。

【図8】第3の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザを模式的に示す断面図である。

【図9】球面収差の一例を示した図である。

【図10】第4の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザを模式的に示す断面図である。

【図11】第4の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図12】第4の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

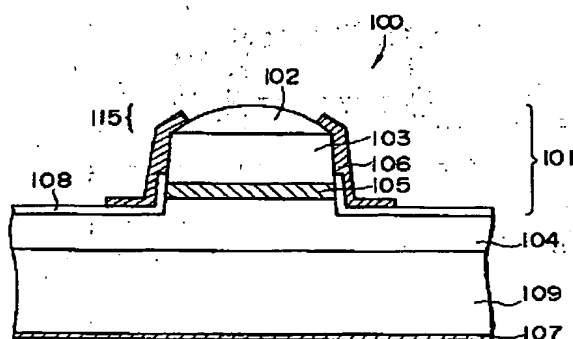
【図13】第4の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図14】第4の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図15】第5の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザを模式的に示す断面図である。

【図16】第5の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザを模式的に示す断面図である。

【図1】



20

ーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

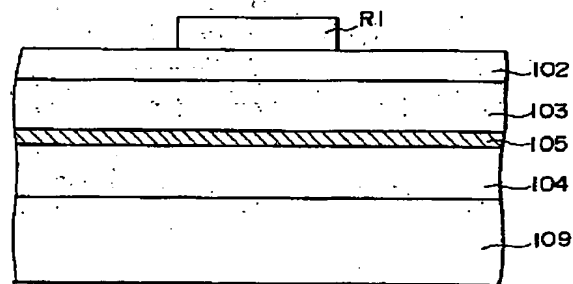
【図17】第5の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図18】第5の実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【符号の説明】

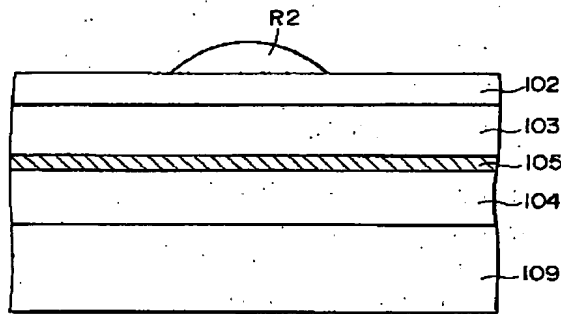
100	面発光レーザ
101	柱状部
102	コンタクト層
103	上部DBRミラー
103a	第1の上部DBRミラー
103b	第2の上部DBRミラー
104	下部DBRミラー
105	量子井戸活性層
106	上部電極
107	下部電極
108	絶縁層
109	基板
110	レンズ層
111	低屈折率レンズ層
112	高屈折率レンズ層
115	レンズ形状部
120	電流狭窄層
120a	半導体層
120b	絶縁体層
120c	半導体層
R1	第1のレジスト層
R2	第2のレジスト層
L	レンズ

【図2】

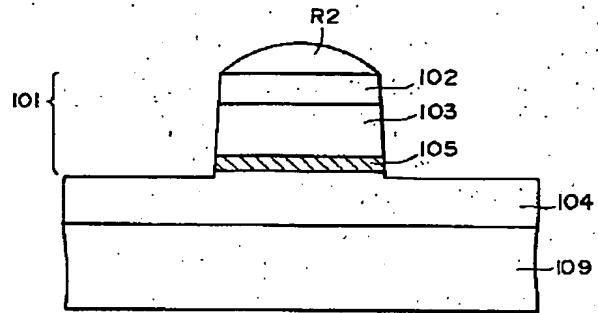


(12)

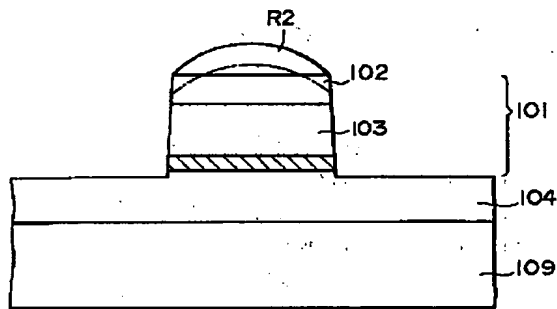
【図3】



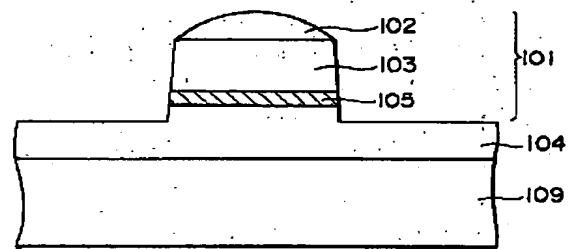
【図4】



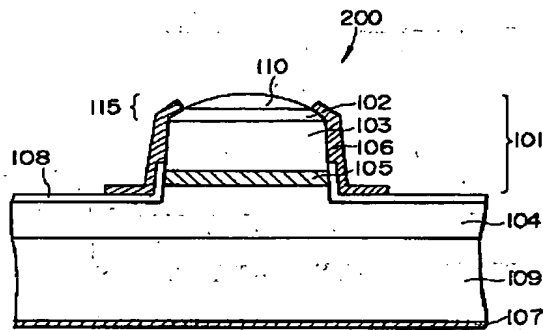
【図5】



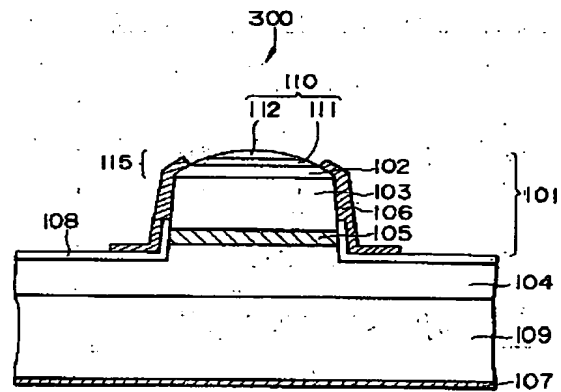
【図6】



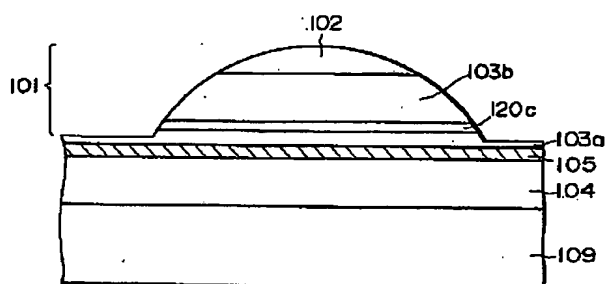
【図7】



【図8】

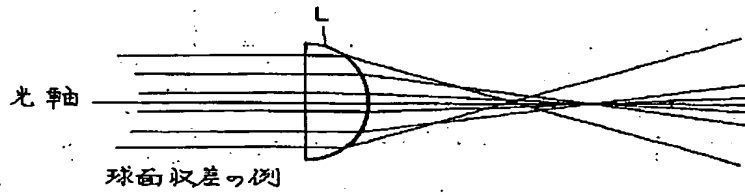


【図13】

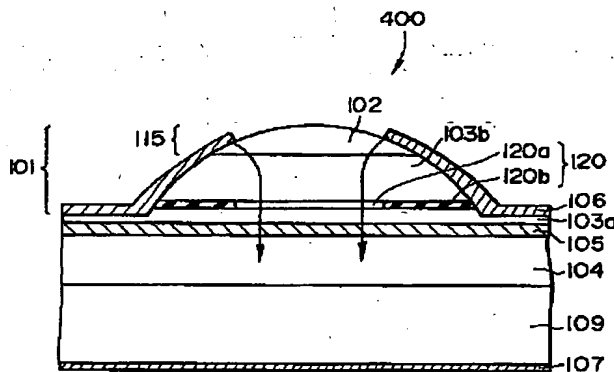


(13)

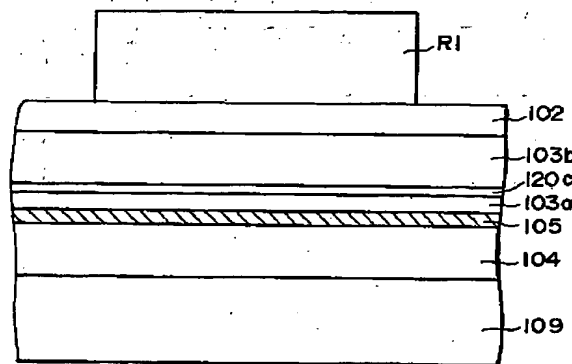
【図9】



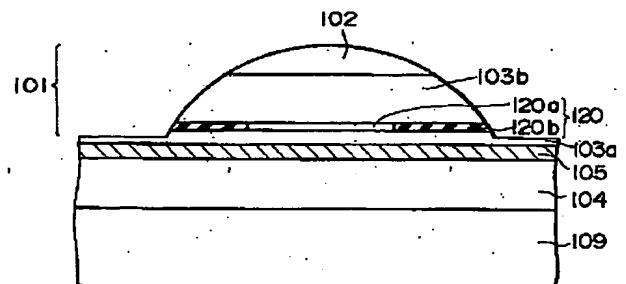
【図10】



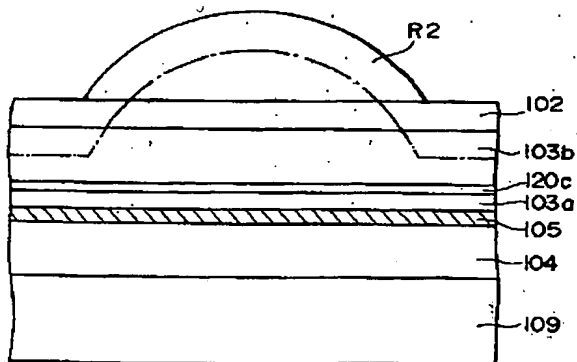
【図11】



【図14】

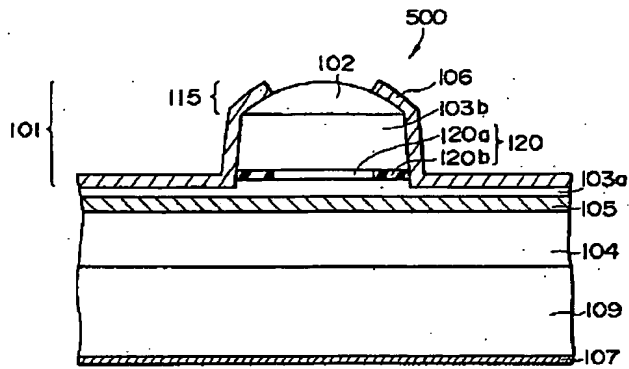


【図12】

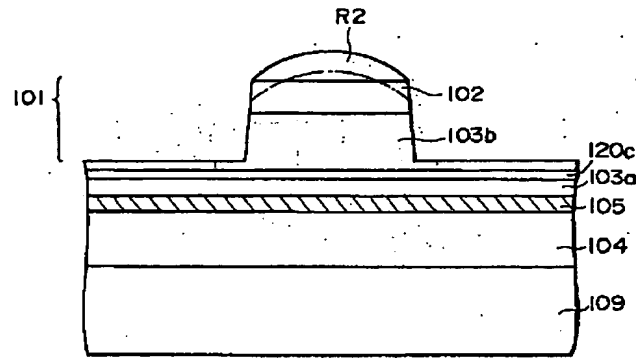


(14)

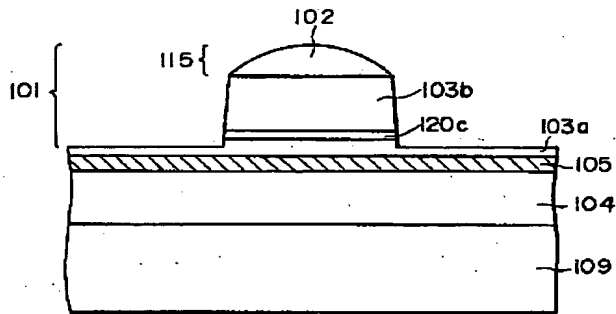
【図 15】



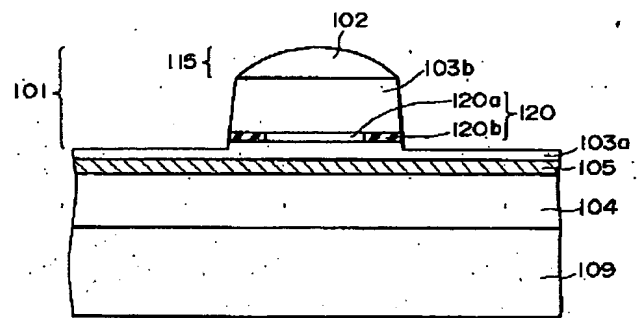
【図 16】



【図 17】



【図 18】



BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-076682

(43)Date of publication of application : 14.03.2000

(51)Int.Cl.

G11B 7/125

(21)Application number : 10-262332

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 01.09.1998

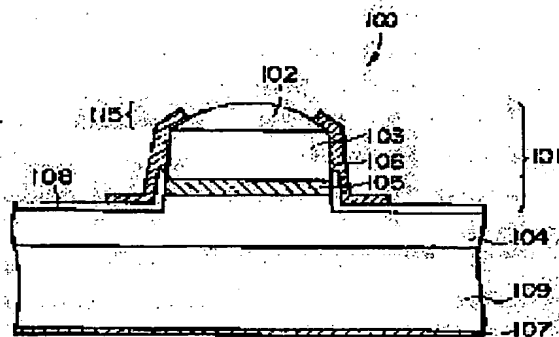
(72)Inventor : KONDO TAKAYUKI

(54) SURFACE EMITTING SEMICONDUCTOR LASER AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide surface emitting semiconductor laser permitting to set a radiation angle of the laser small even if the laser is increased in power.

SOLUTION: This surface emitting semiconductor laser has a resonator vertical to a semiconductor substrate, and emits laser light from the resonator in the direction vertical to the semiconductor substrate. At least cylindrical semiconductor accumulation (cylindrical part) 101 containing a part of the resonator is contained. A contact layer 102 of the cylindrical part 101 forms a lens shape part 115 having a convex lens surface.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Field luminescence mold semiconductor laser from which it has a vertical resonator on a semi-conductor substrate, the semi-conductor deposition object of the shape of a column which is the field luminescence mold semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction perpendicular to said semi-conductor substrate from said resonator, and contains said some of resonators at least is included, and the laser outgoing radiation side of the top face of said semi-conductor deposition object constitutes a convex lens side.

[Claim 2] The lens configuration section which has said convex lens side in claim 1 is the field luminescence mold semiconductor laser containing the contact layer which constitutes said semi-conductor deposition object.

[Claim 3] It is the field luminescence mold semiconductor laser which consists of a simple substance of a contact layer with which said lens configuration section constitutes said semi-conductor deposition object in claim 2.

[Claim 4] It is the field luminescence mold semiconductor laser which consists of a lens layer by which said lens configuration section was formed on said contact layer and this contact layer in claim 2.

[Claim 5] It is the field luminescence mold semiconductor laser by which said lens layer is constituted from a semi-conductor layer which has a bigger band gap than the band gap equivalent to the energy of a laser beam in claim 4, and said contact layer is constituted from a semi-conductor layer with a band gap smaller than said lens layer.

[Claim 6] Said lens layer is field luminescence mold semiconductor laser from which it consists of two or more layers from which a refractive index differs in claim 4, and the refractive index of this lens layer changes in multistage.

[Claim 7] claim 6 — setting — said lens layer — the 1st lens layer — this — the field luminescence mold semiconductor laser to which said 2nd lens layer is located in a high order from said 1st lens layer including the 2nd lens layer with a larger refractive index than the 1st lens layer.

[Claim 8] It is the field luminescence mold semiconductor laser whose refractive index is the layer from which said lens layer is changing continuously in claim 4.

[Claim 9] It is the field luminescence mold semiconductor laser whose semi-conductor deposition object of the shape of said column is a mesa-like in either claim 1 — claim 8.

[Claim 10] It is the field luminescence mold semiconductor laser to which the shape of a curved surface ***** [object / of the shape of said column / semi-conductor deposition] in the side face in either claim 1 — claim 8 is made.

[Claim 11] The manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser containing following process (a) — (d).

(a) The process which deposits two or more semi-conductor layers, and forms a semi-conductor deposition object on a semi-conductor substrate, (b) The process which forms the 1st resist layer of a predetermined pattern on said semi-conductor deposition object, (c) The process which is made to heat and carry out a reflow of said 1st resist layer, fabricates this resist layer in a convex lens-like configuration, and forms the 2nd resist layer, and (d) etching remove said 2nd resist layer at least. The process which forms the lens configuration section by which the configuration of said 2nd resist layer was reflected in the upper part of said semi-conductor deposition object.

[Claim 12] It is the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser containing the contact layer from which the lens configuration section constitutes said semi-conductor deposition object in claim 11.

[Claim 13] It is the manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser which consists of a simple substance of a contact layer with which said lens configuration section constitutes said semi-conductor deposition object in claim 11.

[Claim 14] It is the manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser which consists of a lens layer by which said lens configuration section was formed on said contact layer and this contact layer in claim 11.

[Claim 15] It is the manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser that said lens layer consists of semi-conductor layers which have a bigger band gap than the band gap equivalent to the energy of a laser beam in claim 14, and said contact layer consists of semi-conductor layers with a band gap smaller than said lens layer.

[Claim 16] Said lens layer is the manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser that consist of two or more layers from which a refractive index differs in claim 14, and the refractive index of this lens layer changes in multistage.

[Claim 17] claim 16 — setting — said lens layer — the 1st lens layer — this — the manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser that said 2nd lens layer is located in a high order from said 1st lens layer including the 2nd lens layer, with a larger refractive index than the 1st lens layer.

[Claim 18] It is the manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser that a refractive index is the layer from which said lens layer is changing continuously in claim 14.

[Claim 19] The etch selectivity of said semi-conductor deposition object to the resist layer in [in / on claim 11 and / said process (d)] said etching is the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser which is 0.5-1.0.

[Claim 20] It is the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser made by the in-reactant ion-beam-etching approach that said etching added [in / on claim 11 and / said process (d)] oxygen to chlorine-based gas.

[Claim 21] The manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser which etches said some of semi-conductor deposition objects by using said 2nd resist layer as a mask, and forms the semi-conductor deposition object of the shape of a mesa-like column after said process (c) in claim 11.

[Claim 22] The manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser which forms the semi-conductor deposition object and said lens configuration section of the shape of said column by using said 2nd resist layer as a mask in said process (d) in claim 11.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. *** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the field luminescence mold semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam perpendicularly to a semi-conductor substrate, and its manufacture approach.

[0002]

[Background of the Invention] In recent years, the plastic optical fiber attracts attention as a fiber for optical communication of an end system. Since a plastic optical fiber is rich in flexibility, being able to install by low-cost and excelling in reinforcement moreover, since [that a core diameter is very large] connection is easy compared with the conventional quartz fiber, handling is equipped with the description of being easy.

[0003] A surface emission-type laser is mentioned as the light source applied to a plastic optical fiber. The

surface emission-type laser has the outstanding description [angle / laser outgoing radiation] compared with end-face laser that it is small isotropic. Thus, incidence of the laser beam can be directly carried out to an optical fiber exactly and efficiently by applying a surface emission-type laser with a small laser radiation angle to a plastic optical fiber with a large core diameter, without minding a lens between an optical fiber and the light source. The optical-communication module which consists of a thereby very easy configuration is realizable.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since there is a fault that transfer loss is large, in order to lengthen a transmission distance, the light source of a big optical output is needed for a plastic optical fiber. In order to increase the laser output of a surface emission-type laser, it is effective to enlarge laser outgoing radiation aperture. However, if laser outgoing radiation aperture is enlarged, the problem that a radiation angle becomes large will arise. It results in causing directly, the fall of the quantity of light of the laser beam in which increase of a radiation angle carries out incidence to joint effectiveness, i.e., fiber incore, reduction of an installation margin, etc., when incidence is performed for a laser beam to an optical fiber for simplification of the configuration of an optical transmitting module, without minding a lens between direct coupling, i.e., an optical fiber, and the light source. Therefore, there was a problem that coexistence of simplification of securing the die length of a transmission distance and the configuration of the optical transmitting module by direct coupling was difficult.

[0005] Even if the above-mentioned coexistence is achieved and the purpose of this invention specifically increases a laser output, it is to offer the field luminescence mold semiconductor laser which makes it possible to set up the radiation angle of a laser beam small, and its manufacture approach.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The field luminescence mold semiconductor laser of this invention has a vertical resonator on a semi-conductor substrate, it is the field luminescence mold semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction perpendicular to said semi-conductor substrate, and the semi-conductor deposition object of the shape of a column which contains said some of resonators at least is included, and the laser outgoing radiation side of the top face of said semi-conductor deposition object constitutes a convex lens side from said resonator.

[0007] Thus, since the laser outgoing radiation side of the top face of a column-like semi-conductor deposition object (henceforth the "pillar-shaped section") constitutes the convex lens side, in a laser outgoing radiation side, a laser beam can be made refracted and the radiation angle can be narrowed. Moreover, according to this, since a radiation angle is controllable in a laser outgoing radiation side, since a laser output is increased, even if it enlarges laser outgoing radiation aperture, it also becomes possible to set up a radiation angle small.

[0008] As for the lens configuration section which has said convex lens side, it is desirable to include the contact layer which constitutes said semi-conductor deposition object.

[0009] The lens configuration section containing a contact layer can take the configuration of a publication below.

[0010] (1) Said lens configuration section is set to the 1st from the simple substance of the contact layer which constitutes said semi-conductor deposition object.

[0011] Thus, when the lens configuration section consists of a simple substance of a contact layer, the laminating of another semi-conductor for the lens configuration section cannot be carried out, and a routing counter can be stopped to the minimum.

[0012] (2) Said lens configuration section is set to the 2nd from said contact layer and the lens layer formed on this contact layer.

[0013] Thus, thin film-ization of a contact layer can be attained by having prepared the lens layer on the contact layer.

[0014] Moreover, said lens layer consists of semi-conductor layers which have a bigger band gap than the band gap equivalent to the energy of a laser beam in this case, and, as for said contact layer, it is more desirable than said lens layer for a band gap to consist of small semi-conductor layers.

[0015] Thus, good ohmic contact in an up electrode and a contact layer is attained by that the band gap of a contact layer is small. Moreover, by preparing said lens layer, said contact layer can be thin-film-ized and the light absorption loss by the contact layer can be suppressed to the minimum. Thereby, coexistence with improvement in ohmic contact and prevention of light absorption loss can be aimed at.

[0016] As for said lens layer, it is desirable to take the configuration of a publication below.

[0017] ** Said lens layer is set to the 1st from two or more layers from which a refractive index differs, and the refractive index of this lens layer is changing to it in multistage.

[0018] Thus, if the refractive index is changing in multistage, when a lens layer is the spherical surface-like,

spherical aberration can be amended effectively.

[0019] moreover — the case where said lens layer consists of this configuration — said lens layer — the 1st lens layer — this — it is still more desirable to locate said 2nd lens layer in a high order from said 1st lens layer including the 2nd lens layer with a larger refractive index than the 1st lens layer.

[0020] When the 1st lens layer shortens a focal distance and the 2nd lens layer lengthens a focal distance by taking such a configuration, spherical aberration can be amended certainly.

[0021] ** Said lens layer is a layer from which a refractive index changes to the 2nd continuously.

[0022] Since spherical aberration exists continuously, when a refractive index uses a lens layer as the layer which changed continuously, it can amend spherical aberration still more certainly.

[0023] As for said pillar-shaped section, it is desirable that it is a mesa-like. Thereby, the valley of the current which flows from an up electrode to a lower electrode can be demarcated.

[0024] Moreover, said pillar-shaped section may have the shape of a curved surface where the side face is gently-sloping. The uniform up electrode of thickness can be formed, and thereby, coverage improves and it is hard coming to generate an open circuit according to the side face of the pillar-shaped section being gently-sloping.

[0025] Moreover, the field luminescence mold semiconductor laser concerning this invention can be formed by the manufacture approach containing following process (a) - (d).

[0026] (a) The process which deposits two or more semi-conductor layers, and forms a semi-conductor deposition object on half-*****, (b) The process which forms the 1st resist layer of a predetermined pattern on said semi-conductor deposition object, (c) The process which is made to heat and carry out a reflow of said 1st resist layer, fabricates this resist layer in a convex lens-like configuration, and forms the 2nd resist layer, and (d) etching remove said 2nd resist layer at least. The process which forms the lens configuration section by which the configuration of said 2nd resist layer was reflected in the upper part of said semi-conductor deposition object.

[0027] According to this manufacture approach, since the pillar-shaped section and the lens configuration section can be formed by the self aryne, optical-axis doubling is unnecessary and does not produce an optical-axis gap, either.

[0028] The configuration of the lens configuration section in said process (d) can apply the thing of a configuration of having mentioned above.

[0029] As for the etch selectivity (henceforth a "selection ratio") of a semi-conductor deposition object to the resist layer in etching of said process (d), it is desirable that it is 0.5-1.0. The lens configuration section of desired curvature can be formed by making a selection ratio small like 0.5-1.0, reflecting the configuration of said 2nd resist layer in the upper part of said semi-conductor deposition object.

[0030] Moreover, as for etching of said process (d), it is desirable to be made by the reactant ion-beam-etching approach which added oxygen to chlorine-based gas. Thereby, a selection ratio is controllable by adjusting the amount of oxygen. Consequently, a lens configuration is easily controllable.

[0031] Furthermore, as for the manufacture approach of this invention, it is desirable to have the process (e) which etches said some of semi-conductor deposition objects by using said 2nd resist layer as a mask, and forms the semi-conductor deposition object of the shape of a mesa-like column after said process (c).

[0032] Since it requires only changing etching gas for the shift to etching [at the time of using the same mask for formation with the pillar-shaped section and the lens configuration section, and forming the pillar-shaped section] at the time of forming the lens configuration section from etching according to this approach, the above-mentioned process can be advanced easily.

[0033] Moreover, in not including said process (e), it is formed at the process that the pillar-shaped section and the lens configuration section are the same, and the inclination of the side face of said semi-conductor deposition object becomes gently-sloping. The uniform up electrode of the thickness whose coverage improved can be formed by this, and it is hard coming to generate an open circuit of an up electrode.

[0034] Although especially the resist ingredient used for formation of said 1st resist layer at said process (b) is not limited, its heat-resistant low photoresist etc. is desirable in comparison.

[0035]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of suitable operation of this invention is explained, referring to a drawing.

[0036] (Gestalt of the 1st operation)

(Structure of a device) Drawing 1 is the sectional view showing typically the field luminescence mold semiconductor laser (henceforth a "surface emission-type laser") concerning the gestalt of operation of the 1st

of this invention.

[0037] The distribution reflective mold multilayers mirror of 25 pairs to which the surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 carried out the laminating of aluminum $0.15\text{Ga}0.85\text{As}$ and the AlAs by turns on the n mold GaAs substrate 109 (Hereafter) it is called a "lower DBR mirror" — GaAs with a thickness of 3nm — a well — from a layer and an aluminum $0.3\text{Ga}0.7\text{As}$ barrier layer with a thickness of 3nm — changing — this — a well — a layer the quantum well barrier layer 105 which consists of three layers, aluminum $0.15\text{Ga}0.85\text{As}$, and aluminum $0.9\text{Ga}0.1\text{As}$ The laminating of the distribution reflective mold multilayers mirror (henceforth an "up DBR mirror") 103 and the contact layer 102 of 30 pairs which carried out the laminating by turns is carried out one by one, and they are formed.

[0038] The up DBR mirror 103 is used as p mold by doping Zn, and let the lower DBR mirror 104 be n mold by doping Se. Therefore, a pin diode is formed by the quantum well barrier layer 105 and the lower DBR mirror 104 by which the up DBR mirror 103 and the impurity are not doped.

[0039] The contact layer 102 needs to be the quality of the material which is mentioned later and in which the up electrode 106 and ohmic contact are possible, and consists of aluminum $0.15\text{Ga}0.85\text{As}$ by which it was doped in the case of the AlGaAs system ingredient (for example, three or more [10^{19}cm^{-3}] high-concentration impurities).

[0040] The pillar-shaped section 101 is formed by etching in the shape of a mesa except for a predetermined field to the middle of the contact layer 102, the up DBR mirror 103, the quantum well barrier layer 105, and the lower DBR mirror 104. The top face of the contact layer 102 serves as a convex lens configuration at the top face of the pillar-shaped section 101, and the concrete target. Hereafter, the convex lens configuration section prepared on the up DBR mirror 103 is only called lens configuration section 115.

[0041] Furthermore, the side face of the pillar-shaped section 101 reaches in part, and as an insulating layer 108 covers the top face of the lower DBR mirror 104, it is formed.

[0042] And on the top face of the pillar-shaped section 101, as the up electrode 106 contacts the contact layer 102 and in the shape of a ring and covers a part of side face of the exposed pillar-shaped section 101, and front face of an insulating layer 108, it is formed. Moreover, the lower electrode 107 is formed in the bottom of the n mold GaAs substrate 109.

[0043] With the up electrode 106 and the lower electrode 107, if the electrical potential difference of the forward direction is impressed to a pin diode, in the quantum well barrier layer 105, the recombination of an electron and an electron hole will happen and recombination radiation will arise. Then, in case the produced light goes back and forth between the up DBR mirror 103 and the lower DBR mirrors 104, induced emission happens and luminous intensity is amplified. If the Mitsutoshi profit turns around optical loss a top, laser oscillation will happen and outgoing radiation of the laser beam will be perpendicularly carried out from opening of the up electrode 106 to a substrate.

[0044] It being characteristic in the gestalt of this operation is formed in a convex lens configuration, the top face, i.e., the laser outgoing radiation side, of the pillar-shaped section 101; as shown in drawing 1. Thereby, in a laser outgoing radiation side, a laser beam can be made refracted and the radiation angle can be narrowed. Moreover, according to this, since a radiation angle is controllable in a laser outgoing radiation side, even if it enlarges laser outgoing radiation aperture, it also becomes possible to set up a radiation angle small.

[0045] (Manufacture process of a device) Next, the manufacture process of a surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 is explained. Drawing 2 - drawing 6 are the mimetic diagrams having shown the production process of a surface emission-type laser 100.

[0046] (a) Explain first, referring to drawing 2. On the n mold GaAs substrate 109, the laminating of aluminum $0.15\text{Ga}0.85\text{As}$ and the AlAs is carried out by turns, and the lower DBR mirror 104 of 25 pairs which doped Se is formed. next, the lower DBR mirror 104 top — GaAs with a thickness of 3nm — a well — from a layer and an aluminum $0.3\text{Ga}0.7\text{As}$ barrier layer with a thickness of 3nm — changing — this — a well — a layer forms the quantum well barrier layer 105 which consists of three layers. Furthermore, on the quantum well barrier layer 105, the laminating of aluminum $0.15\text{Ga}0.85\text{As}$ and the aluminum $0.9\text{Ga}0.1\text{As}$ is carried out by turns, and the up DBR mirror 103 of 30 pairs which doped Zn is formed. Then, the laminating of the contact layer 102 which consists of aluminum $0.15\text{Ga}0.85\text{As}$ on the up DBR mirror 103 is carried out.

[0047] above-mentioned each class — organic metal vapor growth (MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy) — epitaxial growth can be carried out by law. 750 degrees C and a growth pressure are $2 \times 10^4 \text{Pa}$, at this time, for example, growth temperature, the organic metal of TMGa (trimethylgallium) and TMAI (trimethylaluminum) can be used for an III group raw material, and it can use DEZn (dimethyl zinc) for V group raw material at H_2Se and p mold dopant at AsH_3 and n mold dopant.

[0048] Next, on the contact layer 102, after applying a photoresist, as shown in drawing 2, the 1st resist layer R1 of a predetermined pattern is formed by carrying out patterning of the photoresist, with photolithography.

[0049] (b) Subsequently, make heating and a reflow, i.e., the fused resist, flow, and carry out the reconstitution of the 1st resist layer R1. Thereby, the 1st resist layer R1 deforms in response to the effect of surface tension in the shape of [as shown in drawing 3] a convex lens, and the 2nd resist layer R2 is formed. For example, it can carry out, using a hot plate or warm air circuit system oven as the heating approach. Although the conditions at the time of using a hot plate change according to the quality of the material of a resist, they are 150 degrees C or more, and are 5 minutes preferably for 2 to 10 minutes. Moreover, in the case of warm air circuit system oven, it is 160 degrees C or more, and 20 - 30 minutes is suitable for it.

[0050] (c) Subsequently, as shown in drawing 4, by using the 2nd resist layer R2 as a mask, stopping the lens configuration of the 2nd resist layer R2 to the middle of the contact layer 102, the up DBR mirror 103, the quantum well barrier layer 105, and the lower DBR mirror 104, by the reactive-ion-etching method, etch in the shape of a mesa and form the pillar-shaped section 101. The reactant ion-beam-etching method for having used chlorine or chlorine-based gas (a hydrogen chloride, BCl₃) as etching gas is usually used for this etching. As for the selection ratio of this etching, it is desirable that it is 2.0 or more. Under the present circumstances, in the range which does not affect a selection ratio, in order to stabilize the plasma state, Ar may be added.

[0051] (d) After that, by the dry etching method which are 0.5-1.0, a selection ratio etches the 2nd resist layer R2 and lower DBR mirror 104, and makes the top face of the contact layer 102 a convex lens configuration. In this etching, the configuration of the shape of that convex lens is imprinted in the contact layer 102, making the lens configuration of the 2nd resist layer R2 as a fictitious outline shows, before performing an etching process by drawing 5 reflect. As a dry etching method, the reactant ion-beam-etching method which added oxygen in the amount of oxygen in the chlorine-based gas which can adjust a selection ratio is desirable. Moreover, the ion-beam-etching method using Ar gas is also applicable.

[0052] (e) Subsequently, form silicon oxide (SiO_x film) of 100-300nm of thickness on a substrate using SiH₄ (mono silane) gas and O₂ (oxygen) gas with the ordinary pressure heat CVD method which makes N₂ (nitrogen) gas carrier gas. Then, by the photolithography and dry etching, as shown in drawing 1, except for a part of side face of the pillar-shaped section 101, and a part of lower DBR mirror 104, etching removal of the silicon oxide is carried out, and an insulating layer 108 is formed.

[0053] Subsequently, with a vacuum deposition method, on the lower DBR mirror 104, an Au-Zn alloy layer is formed, using the photolithography method, as shown in drawing 1, etching removal of this alloy layer is carried out, and the up electrode 106 is formed so that the top face of the pillar-shaped section 101 may be exposed.

[0054] Then, the lower electrode 107 which consists of an Au-germanium alloy layer is formed in the inferior surface of tongue of a substrate 109 by the vacuum deposition method, and field luminescence laser as shown in drawing 1 is completed.

[0055] Thus, in order to form the pillar-shaped section 101 and the lens configuration section 115 by the self-aryne, optical-axis doubling is unnecessary and does not produce an optical-axis gap, either. Moreover, since it requires only changing etching gas for the shift to etching [at the time of using the same mask for formation with the pillar-shaped section 101 and the lens configuration section 115, and forming the pillar-shaped section 101] at the time of forming the lens configuration section 115 from etching, the above-mentioned process can be advanced smoothly.

[0056] The surface emission-type laser of the AlGaAs system in the gestalt of this operation is preferably applicable in consideration of the presentation of a contact layer in the laser oscillation wavelength of 780nm or more which the absorption between bands in this contact layer of a laser beam does not produce.

[0057] (Gestalt of the 2nd operation)

(Structure of a device) Drawing 7 is the sectional view showing typically the surface emission-type laser 200 concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[0058] The surface emission-type laser 200 concerning the gestalt of this operation differs from the gestalt of the 1st operation at the point of the layer structure of the semi-conductor layer of the lens configuration section 115 in the pillar-shaped section 101. About the configuration of those other than this, since it is the same as that of the gestalt of the 1st operation, detailed explanation is omitted. The surface emission-type laser 100 which starts the gestalt of the 1st operation in the gestalt of this operation, and ** which gives the same sign to the part which has the same function substantially.

[0059] The layer structure of the lens configuration section 115 has taken the configuration by which the lens layer 110 was further formed on the contact layer 102. Moreover, the top face of the lens configuration section

115 consists of a part of top face of the lens layer 110, and top face of the contact layer 102, and is constituted from a core by concentric circular in detail in order of [a part of] the top face of the lens layer 110, and the top face of the contact layer 102 subsequently to exposed to the surroundings of it in the shape of a ring. The contact layer 102 consists of GaAs by which a semi-conductor with a small band gap, for example, a high-concentration impurity, was doped for the purpose of securing the ohmic contact to the contact layer 102 and the up electrode 106. On the other hand, depending on laser oscillation wavelength, absorption loss of a laser beam may start by absorption between bands in the contact layer 102 with a small band gap. In consideration of this, the contact layer 102 is thin-film-ized to 500-1000nm of thickness which can suppress absorption loss of the laser beam by the contact layer to the minimum, for example, thickness.

[0060] Furthermore, the function as the lens configuration section 115 is not secured only in the contact layer 102 by having thin-film-ized the contact layer 102. Then, the lens layer 110 is formed on the contact layer 102 for the purpose of making a lens function discover certainly. A band gap is a bigger semi-conductor than the energy of a laser beam, and the lens layer 110 consists of aluminum_{0.5}Ga_{0.5}As of the semi-conductor which optical loss by free carrier dispersion cannot produce easily, for example, low carrier concentration, and a non dope etc.

[0061] It being characteristic in the gestalt of this operation is having formed the lens layer 110, in order to thin-film-ize the contact layer 102 and to secure a lens function. When the band gap of the contact layer 102 is smaller than the band gap equivalent to the energy of a laser beam, absorption loss of the laser beam by the contact layer 102 arises. However, with the gestalt of this operation, the contact layer 102 is thin-film-ized like the above-mentioned description to the thickness which can suppress absorption loss of the laser beam by the contact layer 102 to the minimum. For this reason, it becomes possible to apply the semi-conductor which has a band gap smaller than the energy of a laser beam to the contact layer 102. Consequently, since ohmic contact is made easy to take, rather than the energy of a laser beam, the band gap of the contact layer 102 can be made small, and, thereby, the contact resistance of the up electrode 106 and the contact layer 102 can be reduced.

[0062] As mentioned above, according to the gestalt of this operation, in a laser outgoing radiation side, a laser beam can be made refracted and the radiation angle can be narrowed by the lens configuration section 115 which has a convex lens configuration. Moreover, according to this, since a radiation angle is controllable in a laser outgoing radiation side, even if it enlarges laser outgoing radiation aperture, it also becomes possible to set up a radiation angle small. Furthermore, rather than the energy of a laser beam, the band gap of the contact layer 102 can be made small, and, thereby, the contact resistance of the up electrode 106 and the contact layer 102 can be reduced.

[0063] (Manufacture process of a device) As the manufacture approach of the surface emission-type laser 200 in the gestalt which is this operation, the contact layer which consists of GaAs of 500-1000nm of thickness after up DBR mirror formation in the (a) process in the gestalt of the 1st operation is formed, and the lens layer 110 which consists of aluminum_{0.5}Ga_{0.5}As of 2000-3000nm of thickness is further formed on a contact layer. The same approach as the gestalt of the 1st operation can be used except it.

[0064] Thus, in order to form the pillar-shaped section 101 and the lens configuration section 115 by the self aryne, optical-axis doubling is unnecessary and does not produce an optical-axis gap, either. Moreover, since it requires only changing etching gas for the shift to etching [at the time of using the same mask for formation with the pillar-shaped section 101 and the lens configuration section 115, and forming the pillar-shaped section 101] at the time of forming the lens configuration section 115 from etching, the above-mentioned process can be advanced smoothly.

[0065] Although the surface emission-type laser of the AlGaAs system in the gestalt of this operation is applicable regardless of laser oscillation wavelength, in the case of laser oscillation wavelength 800nm or less, it is especially effective, for example.

[0066] (Gestalt of the 3rd operation)

(Structure of a device) Drawing 8 is the sectional view showing typically the surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[0067] The surface emission-type laser 300 concerning the gestalt of this operation differs from the gestalt of the 1st operation at the point of the layer structure of the semi-conductor layer of the lens configuration section 115. About the configuration of those other than this, since it is the same as that of the gestalt of the 1st operation, detailed explanation is omitted. The surface emission-type laser which starts the gestalt of the 1st operation in the gestalt of this operation, and ** which gives the same sign to the part which has the same function substantially.

[0068] The lens layer 110 is formed on the contact layer 102 of the lens configuration section 115. As compared with the low refractive-index lens layer 111 and it, the laminating of the high refractive-index lens layer 112 with a large refractive index is carried out one by one, and the lens layer 110 is formed: and a part of top face of the contact layer 102 where it consists of GaAs which exposed the top face of the lens configuration section 115 in the shape of a ring in order to contact an up electrode around it further, a part of top face 112 of a high refractive-index lens layer, top face of the low refractive-index lens layer 111 exposed to the surroundings of it in the shape of a ring, and — concentric circular — and it is constituted so that the same curved surface may be made.

[0069] The high refractive-index lens layer 112 has the role which makes the focal distance of incident light small, for example, consists of aluminum_{0.2}Ga_{0.8}As.

[0070] The low refractive-index lens layer 111 has the role which enlarges the focal distance of incident light, and consists of the quality of the material with a refractive index smaller than the high refractive-index lens layer 112, for example, aluminum_{0.8}Ga_{0.2}As.

[0071] It being characteristic in the gestalt of this operation is that the top face of the lens configuration section 115 comes to contain a part of top face of the high refractive-index lens layer 112, and top face of the low refractive-index lens layer 111 exposed to the surroundings of it in the shape of a ring.

[0072] According to this configuration, even if the top face of the pillar-shaped section 101 is a simple curved surface, i.e., a spherical surface convex lens configuration, it can discover a compound curved surface, i.e., effectiveness equivalent to an aspheric surface convex lens configuration. That is, in the case of a configuration with the convex lens configuration of the top face of the pillar-shaped section 101 near the spherical surface or the spherical surface, the phenomenon in which the focal distance of the light which carried out incidence to Lens L becomes small produces a lens as it goes in the direction of a path from an optical axis so that it may be shown in spherical aberration, i.e., drawing 9. In order to amend this spherical aberration, the lens of the aspheric surface configuration which made small the curvature of the curved surface of the direction lateral part of a path from the optical axis of a lens is usually used.

[0073] The top face of the planar-flexion chip box lens layer 112 is formed in a center section, the top face of the lens configuration section 115 of the pillar-shaped section 101 concerning the gestalt of this operation is exposed to the surroundings of it in the shape of a ring, and it has come to form a part of top face of the planar-flexion chip box lens layer 111 with a small refractive index as compared with it. Thereby, spherical aberration can be amended, without aspheric-surface-izing the top face of the pillar-shaped section 101. That is, the focal distance of the light which carried out incidence of the place where the focal distance of the light which carried out incidence becomes small to this part by having prepared the exposure of the planar-flexion chip box lens layer 112 with a small refractive index in the surroundings of the high dioptric lens layer 111 as compared with it can be enlarged as it goes in the direction of a path from that core in the case of the lens configuration section 115 which has a configuration near the spherical surface or the spherical surface. Thereby, amendment of spherical aberration can be made easy.

[0074] Moreover, in case the lens configuration section 115 is formed making the configuration of the 2nd resist layer R2 after a reflow reflect, even if it is the case where detailed configuration control cannot be performed, a desired lens property can be acquired by controlling the refractive index of these lens layer 111,112.

[0075] (Manufacture process of a device) As the manufacture approach of the surface emission-type laser 300 in the gestalt of this operation In the (a) process in the gestalt of the 1st operation, the contact layer 102 which consists of GaAs of 500–1000nm of thickness after up DBR mirror 103 formation is formed. Subsequently On the contact layer 102, aluminum_{0.8}Ga_{0.2}As of 500–1500nm of thickness is formed as a low refractive-index lens layer 111. Further as a high refractive-index lens layer 112 Except having formed aluminum_{0.2}Ga_{0.8}As of 500–1500nm of thickness, it is the same as that of the gestalt of the 1st operation.

[0076] It has the following advantages on a process by forming the low refractive-index lens layer 111 on the contact layer 102, and forming the high refractive-index lens layer 112 on it further as mentioned above. In case the lens configuration section 115 is formed making the configuration of the 2nd resist layer R2 after a reflow reflect, even if it is the case where detailed configuration control cannot be performed, a desired lens property can be acquired by controlling the refractive index of these lens layer 111,112.

[0077] Thus, in order to form the pillar-shaped section 101 and the lens configuration section 115 by the self aryne, optical-axis doubling is unnecessary and does not produce an optical-axis gap, either. Moreover, since it requires only changing etching gas for the shift to etching [at the time of using the same mask for formation with the pillar-shaped section 101 and the lens configuration section 115, and forming the pillar-shaped section 101]

at the time of forming the lens configuration section 115 from etching, the above-mentioned process can be advanced smoothly.

[0078] The lens layer of this invention is not limited to the two-layer structure. For example, the refractive index of the lens layer which the presentation was continuously changed at the time of crystal growth, and was obtained may be the monolayer which changed continuously sequentially from the lower layer.

[0079] (Gestalt of the 4th operation)

(Structure of a device) Drawing 10 is the sectional view showing typically the surface emission-type laser 400 concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[0080] The surface emission-type laser 400 shown in drawing 10 on the n mold GaAs substrate 109 GaAs with the lower DBR mirror 104, a quantum well barrier layer [105], and a thickness of 3nm — a well — from a layer and an aluminum_{0.3}Ga_{0.7}As barrier layer with a thickness of 3nm — changing — this — a well — a layer the quantum well barrier layer 105 which consists of three layers, aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As, and aluminum_{0.9}Ga_{0.1}As Distribution reflective mold multilayers mirror (henceforth "1st up DBR mirror") 103a of five pairs which carried out the laminating by turns, The laminating of distribution reflective mold multilayers mirror (henceforth "2nd up DBR mirror") 103b and the contact layer 102 of the current constriction layer 120 and 20 pairs which carried out the laminating of aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As and the aluminum_{0.9}Ga_{0.1}As by turns is carried out one by one, and they are formed. The contact layer 102 can apply the same quality of the material as the gestalt of the 1st operation.

[0081] 1st up DBR mirror 103a and 2nd up DBR mirror 103b are used as p mold by doping Zn, and let the lower DBR mirror 104 be n mold by doping Se. Therefore, a pin diode is formed by the 1st quantum well barrier layer 105 and lower DBR mirror 104 by which up DBR mirror 103a and an impurity are not doped.

[0082] With the gestalt of this operation, since the quantum well barrier layer 105 is formed below the pillar-shaped section 101, it needs to demarcate the valley of a current so that the current poured in from the up electrode 106 may be intensively flowed to the core of the quantum well barrier layer 105. The current constriction layer 120 is formed as a means to demarcate the valley of this current. The current constriction layer 120 consists of insulator layer 120b formed as enclosed semi-conductor layer 120a and it which were prepared in the core. This semi-conductor layer 120a consists of AlAs. Moreover, insulator layer 120b consists of an oxide which above-mentioned semi-conductor layer 120a is oxidized, and is obtained. Moreover, as for the current constriction layer 120, in the oxidation process explained later, it is desirable to be formed below the middle of the lower limit of 1st up DBR mirror 103a and the upper limit of 2nd up DBR mirror 103b in the range which does not affect the crystal of a surrounding semi-conductor.

[0083] The pillar-shaped section 101 is formed by etching except for a predetermined field to the middle of the contact layer 102, 2nd up DBR mirror 103b, the current constriction layer 120, and 1st up DBR mirror 103a. The pillar-shaped section 101 has the side face which inclined gently-sloping. Moreover, the contact layer 102 forms the lens configuration section 115 in the upper part of the pillar-shaped section 101, and a concrete target, and the top face serves as a convex lens configuration at them.

[0084] And on the top face of the pillar-shaped section 101, the up electrode 106 contacts the contact layer 102 and in the shape of a ring, and as it covers the side face of the pillar-shaped section 101, and 1st up DBR mirror 103a, it is formed. Moreover, the lower electrode 107 is formed in the bottom of the n mold GaAs substrate 109.

[0085] Next, actuation of a surface emission-type laser 400 is explained.

[0086] when the electrical potential difference of the forward direction is impressed to a pin diode with the up electrode 106 and the lower electrode 107, the arrow head of drawing 10 shows — as — the order from 2nd up DBR mirror 103b — semi-conductor layer 120a of the current constriction layer 120, and 1st up DBR mirror 103a — a passage — the quantum well barrier layer 105 — a current — flowing. Thereby, in the quantum well barrier layer 105, the recombination of an electron and an electron hole happens and recombination radiation arises. Then, in case the produced light goes back and forth between the up DBR mirrors-103a and-103b and the lower DBR mirrors 104, induced emission happens and luminous intensity is amplified. If the Mitsutoshi profit turns around optical loss a top, laser oscillation will happen and outgoing radiation of the laser beam will be perpendicularly carried out from opening of the up electrode 106 to a substrate.

[0087] It being characteristic in the gestalt of this operation is having taken the configuration with the gently-sloping inclination of the side face of the pillar-shaped section 101, as shown in drawing 1010. thereby, in case the up electrode 106 is formed, it has uniform thickness — it can form up electrode 106. Consequently, an open circuit of the up electrode 106 can be made hard to produce.

[0088] As mentioned above, since the top face of the contact layer 102 which is a laser outgoing radiation side has the convex lens configuration according to the gestalt of this operation, in a laser outgoing radiation side, a

laser beam can be made refracted and the radiation angle can be narrowed. Moreover, according to this, since a radiation angle is controllable in a laser outgoing radiation side, even if it enlarges laser outgoing radiation aperture, it also becomes possible to set up a radiation angle small.

[0089] Furthermore, an open circuit of the up electrode 106 can be made hard to attain good step coverage and to produce, since the side face of the pillar-shaped section 101 is the gently-sloping configuration of inclination.

[0090] (Manufacture process of a device) Next, the manufacture process of a surface emission-type laser 400 shown in drawing 10 is explained. Drawing 11 - drawing 14 show the production process of a surface emission-type laser 400.

[0091] (a) Explain first, referring to drawing 11. On the n mold GaAs substrate 109, the laminating of aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As and the AlAs is carried out by turns, and the lower DBR mirror 104 of 25 pairs which doped Se is formed. next, the lower DBR mirror 104 top — GaAs with a thickness of 3nm — a well — from a layer and an aluminum_{0.3}Ga_{0.7}As barrier layer with a thickness of 3nm — changing — this — a well — a layer forms the quantum well barrier layer 105 which consists of three layers. Furthermore, on the quantum well barrier layer 105, the laminating of aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As and the aluminum_{0.9}Ga_{0.1}As is carried out by turns, and 1st up DBR mirror 103a of five pairs which doped Zn is formed. Subsequently, semi-conductor layer 120c which consists of AlAs is formed in the location which is going to form the current constriction layer 120 on 1st up DBR mirror 103a. On this semi-conductor layer 120c, the laminating of aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As and the aluminum_{0.9}Ga_{0.1}As is carried out further by turns, and 2nd up DBR mirror 103b of 20 pairs which doped Zn is formed. Then, the laminating of the contact layer 102 which consists of aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As is carried out.

[0092] Epitaxial growth of above-mentioned each class can be carried out by the MOVPE method. 750 degrees C and a growth pressure were 2x10⁴Pa, at this time, for example, growth temperature, the organic metal of TMGa (trimethylgallium) and TMAI (trimethylaluminum) was used for the III group raw material, and it used DEZn (dimethyl zinc) for V group raw material at H₂Se and p mold dopant at AsH₃ and n mold dopant.

[0093] Next, on the contact layer 102, after applying a photoresist, as shown in drawing 11, the 1st resist layer R1 of a predetermined pattern is formed by carrying out patterning of the photoresist.

[0094] (b) Subsequently, make heating and a reflow, i.e., the fused resist, the 1st resist layer R1 flow, and perform the reconstitution. Thereby, the 1st resist layer R1 deforms into the 2nd resist layer R2 of a convex configuration as shown in drawing 12 in response to the effect of surface tension. For example, it can carry out, using a hot plate or warm air circuit system oven as the heating approach. Although the conditions at the time of using a hot plate change according to the quality of the material of a resist, they are 150 degrees C or more, and are 5 minutes preferably for 2 to 10 minutes. Moreover, in the case of warm air circuit system oven, it is 160 degrees C or more, and 20 - 30 minutes is suitable for it.

[0095] (c) As shown in drawing 13 after that, by using the 2nd resist layer R2 as a mask, by the dry etching method which are 0.5-1.0, a selection ratio etches to the middle of the contact layer 102, 2nd up DBR mirror 103b, semi-conductor layer 120c, and 1st up DBR mirror 103a, and forms the pillar-shaped section 101. In this etching, that convex configuration is imprinted to the deposit of a semi-conductor, making the convex configuration of the 2nd resist layer R2 before performing an etching process reflect, as the fictitious outline of drawing 12 shows. As a dry etching method, the reactant ion-beam-etching method which added oxygen in the amount of oxygen in the chlorine-based gas which can adjust a selection ratio is desirable. Moreover, the ion-beam-etching method using Ar gas is also applicable.

[0096] (d) Subsequently, as shown in drawing 14, by exposing semi-conductor layer 120c which consists of AlAs to the bottom of an about 400-degree C steam ambient atmosphere for 1 to 30 minutes, AlAs oxidizes from the exposure to the inside, and the aluminum oxide which is an insulator is formed. Thereby, insulating-layer 120b which consists of an aluminum oxide is formed, and the current constriction layer 120 is formed in the surroundings of semi-conductor layer 120a which consists of AlAs for a core.

[0097] (e) Subsequently, with a vacuum deposition method, on the pillar-shaped section 101 and 1st up DBR mirror 103a, form an Au-Zn alloy layer, using a photolithography and dry etching, as shown in drawing 10, remove this alloy layer and form the up electrode 106 so that the top face of the contact layer 102 may be exposed.

[0098] Then, the lower electrode 107 which consists of an Au-germanium alloy layer is formed in the inferior surface of tongue of a substrate 109 by the vacuum deposition method, and the field luminescence laser 400 as shown in drawing 10 is completed.

[0099] Making the convex configuration of the 2nd resist layer R2 before etching reflect like the above-mentioned process (d), the convex configuration can be imprinted to the deposit of a semi-conductor, and the lens configuration section 115 and the pillar-shaped section 101 can be formed in coincidence. And the side face of

the pillar-shaped section 101 serves as a gently-sloping configuration. Therefore, the up electrode of uniform thickness can be formed in the side face of the pillar-shaped section 101. Consequently, an open circuit of the up electrode 106 can be made hard to attain good coverage and to produce.

[0100] Moreover, in order to form the pillar-shaped section 101 and the lens configuration section 115 by the self aryne, optical-axis doubling is unnecessary and does not produce an optical-axis gap, either.

[0101] (Gestalt of the 5th operation)

(Structure of a device) Drawing 15 is the sectional view showing typically the surface emission-type laser 500 concerning the gestalt of operation of the 5th of this invention.

[0102] The surface emission-type laser 500 concerning the gestalt of this operation differs from the gestalt of the 4th operation at the point of the configuration of the pillar-shaped section 101. About the configuration of those other than this, since it is the same as that of the gestalt of the 4th operation, the same sign is given to the surface emission-type laser 400 concerning the gestalt of the 4th operation, and the part which has the same function substantially, and detailed explanation is omitted.

[0103] That is, the pillar-shaped section 101 is etched in the shape of a mesa, and is formed, and compared with the gestalt of the 4th operation, the side face of the pillar-shaped section 101 is formed so that inclination may become steep. Furthermore, the lens configuration section 115 is constituted, the upper part 102, i.e., the contact layer, of the pillar-shaped section 101, and the top face has become a convex lens configuration.

[0104] Actuation of the laser oscillation of a surface emission-type laser 500 is the same as that of the gestalt of the 4th operation.

[0105] Since the top face of the contact layer 102 which is a laser outgoing radiation side has the convex configuration as mentioned above according to the gestalt of this operation, in a laser outgoing radiation side, a laser beam can be made refracted and the radiation angle can be narrowed. Moreover, according to this, since a radiation angle is controllable in a laser outgoing radiation side, even if it enlarges laser outgoing radiation aperture, it also becomes possible to set up a radiation angle small.

[0106] (Manufacture process of a device) Next, the manufacture process of a surface emission-type laser 500 shown in drawing 15 is explained. Drawing 16 - drawing 18 show the production process of a surface emission-type laser 500.

[0107] The manufacture approach of the surface emission-type laser 500 concerning the gestalt of this operation can be performed like the gestalt of the 4th operation until it uses the resist layer R1 from the process (a) in the gestalt of the 4th operation to a process (b) (i.e., the 1st) as the 2nd resist layer R2 of a lens configuration. Below, the process after it is explained in full detail.

[0108] (c) As shown in drawing 16, by using the 2nd resist layer R2 as a mask, stopping the lens configuration of the 2nd resist layer R2 to the middle of the contact layer 102 and 2nd up DBR mirror 103b, by the reactive-ion-etching method, etch in the shape of a mesa and form the pillar-shaped section 101. The reactant ion-beam-etching method for having used chlorine or chlorine-based gas (a hydrogen chloride, BCl₃) as etching gas is usually used for this etching. As for the selection ratio of this etching, it is desirable that it is 2.0 or more. Under the present circumstances, in the range which does not affect a selection ratio, in order to stabilize the plasma state, Ar may be added.

[0109] (d) As the 2nd resist layer R2 and up DBR mirror 103a are etched and it is shown in drawing 16 by the dry etching method selection ratios are 0.5-1.0, after that, make the top face of the contact layer 102 into a convex lens configuration. In this etching, that lens configuration is imprinted in the contact layer 102, making the lens configuration of the 2nd resist layer R2 before performing an etching process reflect, as the fictitious outline of drawing 5 shows. Under the present circumstances, it is etched into coincidence to the middle of 2nd up DBR mirror 103b, semi-conductor layer 120c, and 1st up DBR mirror 103a. As a dry etching method, the reactant ion-beam-etching method which added oxygen in the amount of oxygen in the chlorine-based gas which can adjust a selection ratio is desirable. Moreover, the ion-beam-etching method using Ar gas is also applicable.

[0110] (e) Subsequently, by exposing semi-conductor layer 120c which consists of AIAs to the bottom of an about 400-degree C steam ambient atmosphere for 1 to 30 minutes, AIAs oxidizes from the exposure to the inside, and the aluminum oxide which is an insulator is formed. Thereby, insulating-layer 120b which consists of an aluminum oxide is formed, and the current constriction layer 120 is formed in the surroundings of semi-conductor layer 120a which consists of AIAs for a core.

[0111] Subsequently, with a vacuum deposition method, on the pillar-shaped section 101 and 1st up DBR mirror 103a, an Au-Zn alloy layer is formed, using a photolithography and dry etching, as shown in drawing 15, this alloy layer is removed and the up electrode 106 is formed so that the top face of the contact layer 102 may be

exposed.

[0112] Then, the lower electrode 107 which consists of an Au-germanium alloy layer is formed in the inferior surface of tongue of a substrate 109 by the vacuum deposition method, and the field luminescence laser 500 as shown in drawing 15 is completed.

[0113] Below, the advantage of the manufacture approach in the gestalt of this operation is explained in full detail.

[0114] Since it depends for the outer diameter of the contact layer 102 after etching, and the current constriction layer 120 on the outer diameter of a resist by etching a deposit in the shape of a mesa by using the 2nd resist layer R2 as a mask like the above-mentioned process (c), and including the process which forms the pillar-shaped section, the contact layer 102 and the current constriction layer 120 which have a desired outer diameter can be formed with a sufficient precision.

[0115] Moreover, in order to form the pillar-shaped section 101 and the lens configuration section 115 by the self arylene, optical-axis doubling is unnecessary and does not produce an optical-axis gap, either.

[0116] Moreover, since the contact layer 102 can be formed with a sufficient precision, the touch area of the contact layer 102 and the up electrode 106 can be made into predetermined magnitude.

[0117] Furthermore, since the current constriction layer 120 can be formed with a sufficient precision, in case it oxidizes in a part of AIAs and the current constriction layer 120 is formed, semi-conductor layer 120a of the current constriction layer 120 can also be formed with a sufficient precision by making the amount of oxidation regularity.

[0118] In the gestalt of the above-mentioned operation, although the field luminescence mold semiconductor laser which consists of an AlGaAs system semi-conductor was described, it is applicable also about the field luminescence mold semiconductor laser which consists of semi-conductors, such as other ingredient systems, for example, a GaInP system, a ZnSSe system, and an InGaN system.

[0119] Moreover, the configuration of the top face of the pillar-shaped section 101 and the lens configuration section 115 is not limited by the gestalt of the above-mentioned operation.

[0120]

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view showing typically the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 2] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 3] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 4] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 5] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 6] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 7] It is the sectional view showing typically the field luminescence mold semiconductor laser concerning

the gestalt of the 2nd operation.

[Drawing 8] It is the sectional view showing typically the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 3rd operation.

[Drawing 9] It is drawing having shown an example of spherical aberration.

[Drawing 10] It is the sectional view showing typically the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 4th operation.

[Drawing 11] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 4th operation.

[Drawing 12] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 4th operation.

[Drawing 13] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 4th operation.

[Drawing 14] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 4th operation.

[Drawing 15] It is the sectional view showing typically the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 5th operation.

[Drawing 16] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 5th operation.

[Drawing 17] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 5th operation.

[Drawing 18] It is the sectional view showing typically the process of the manufacture approach of the field luminescence mold semiconductor laser concerning the gestalt of the 5th operation.

[Description of Notations]

100 Surface Emission-type Laser

101 Pillar-shaped Section

102 Contact Layer

103 Up DBR Mirror

103a The 1st up DBR mirror

103b The 2nd up DBR mirror

104 Lower DBR Mirror

105 Quantum Well Barrier Layer

106 Up Electrode

107 Lower Electrode

108 Insulating Layer

109 Substrate

110 Lens Layer

111 Low Refractive-Index Lens Layer

112 High Refractive-Index Lens Layer

115 Lens Configuration Section

120 Current Constriction Layer

120a Semi-conductor layer

120b Insulator layer

120c Semi-conductor layer

R1 1st resist layer

R2 2nd resist layer

L Lens

[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.